



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ  
ÚSTAV EKONOMIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT  
INSTITUTE OF ECONOMICS

# VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE NA FINANČNÍCH TRZÍCH

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON FINANCIAL MARKETS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Ing. FRANTIŠEK HORTAL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. PETR DOSTÁL, CSc.

BRNO 2015

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**Hortai František, Ing.**

---

Podnikové finance a obchod (6208T090)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

**Využití umělé inteligence na finančních trzích**

v anglickém jazyce:

**The Use of Artificial Intelligence on Financial Markets**

Pokyny pro vypracování:

Úvod  
Cíle práce, metody a postupy zpracování  
Teoretická východiska práce  
Analýza současného stavu  
Vlastní návrhy řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

Seznam odborné literatury:

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2012. 718 p. ISBN 978-80-7204-798-7, e-ISBN 978-80-7204-799-4.

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s., ISBN 978-80-7204-747-5.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

REJNUŠ, O. Finanční trhy. Ostrava: Key Publishing, 2008. 559 s. ISBN 978-80-87071-87-8.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

L.S.

---

doc. Ing. Tomáš Meluzín, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.  
Děkan fakulty

V Brně, dne 28.2.2015

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem modelu pro obchodování na finančních trzích využitím prostředků umělé inteligence. Práce popisuje některé metody umělé inteligence, popis finančního trhu a burzovního obchodování. Výsledek této práce je model expertního systému pomocí fuzzy logiky pro investování a funkční model na predikci kurzu trendu akcií pomocí umělých neuronových sítí. Obě modely jsou vyhotoveny a odzkoušeny v programovém prostředí MATLAB.

## **Klíčová slova**

finanční trh, predikce, fuzzy model, neuronová síť, MATLAB, portfolio, akcie, obchodování, zlato, Google

## **Abstract**

This thesis deals with the design of a model for trading on financial markets by using artificial intelligence. The work describes some methods of artificial intelligence, description of financial market and stock market trading. The result of this work is a model of an expert system which uses fuzzy logic for investing and a functional model for predicting the course of shares trends using artificial neural networks. Both models algorithms were designed and tested in MATLAB.

## **Keywords**

financial market, prediction, fuzzy model, neural network, MATLAB, portfolio, shares, trading, gold, Google

### **Bibliografická citace:**

HORTAI, F. *Využití umělé inteligence na finančních trzích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015. 113 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 28.05.2015

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Petrovi Dostálovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Moja vd'aka patrí aj mojej rodine, ktorá ma inšpirovala a podporovala počas celého štúdia. Ďakujem моjím rodičom že vo mne verili a za krásny život s ktorým ma obdarovali.

Chcel by som sa poďakovať aj моjím dobrým priateľom a kolegom Ing. Anikó Molnárovej a Ing. Gabrielovi Matusovi s ktorými štúdium nebola iba drina ale aj zábava.

V Brně dne: 28.05.2015

.....

podpis autora

# Obsah

Úvod .....	10
1 Ciele práce, metódy a postupy spracovania .....	12
1.1 Postup spracovania práce.....	13
2 Teoretické východiská práce.....	14
2.1 Systémová teória .....	14
2.1.1 Rozdelenie systémov.....	14
2.1.2 Systémový prístup.....	16
2.1.3 Optimalizácia systému, modelovanie a simulácia .....	16
2.2 MATLAB .....	17
2.2.1 Fuzzy Logic Toolbox™ .....	17
2.2.2 Neural Network Toolbox™ .....	18
2.3 Umelá inteligencia .....	18
2.3.1 Fuzzy logika a fuzzy množiny .....	20
2.3.2 Genetické algoritmy .....	21
2.3.3 Evolučné algoritmy .....	23
2.3.4 Umelé neurónové siete .....	25
2.4 Finančný systém a finančný trh .....	31
2.4.1 Trh s cudzími menami.....	32
2.4.2 Trh drahých kovov .....	33
2.4.3 Peňažný trh .....	33
2.4.4 Kapitálový trh .....	33
2.4.5 Trh cenných papierov.....	34
2.4.6 Burzy a regulované organizované trhy.....	36
2.5 Akcie ako druh cenného papiera.....	37
2.5.1 Obchodovanie s akciami a burzové obchodovanie .....	39
2.5.2 Investor a vlastníctvo akcií .....	40
2.5.3 Fundamentálna analýza .....	41
2.5.4 Psychologická analýza .....	41
2.5.5 Technická analýza.....	42
2.6 Časové rady.....	42
2.6.1 Grafická analýza vývoja akciových kurzov.....	43
3 Analýza súčasného stavu .....	45
3.1 Zdroje informácií a ich interpretácia investormi .....	47
3.2 Návrhy investičných inštrumentov .....	49
3.2.1 Zvolené investičné inštrumenty .....	49
3.3 Zlato .....	50



3.3.1	Ponuka zlata dopyt po tejto komodite .....	50
3.3.2	Obchodovanie so zlatom .....	53
3.3.3	Cena zlata .....	55
3.3.4	Kúpa zlata a vzťahujúce sa riziká kúpy.....	60
3.3.5	Záver investovania do zlata .....	61
3.4	Popis spoločnosti Google .....	63
3.4.1	Tržby, zisk a akcie spoločnosti .....	64
3.4.2	Ceny akcií GOOG spoločnosti Google Inc. ....	67
4	Vlastné návrhy a riešenia .....	69
4.1	Riešenie problematiky investovania do komodity zlato.....	70
4.1.1	Riešenie problematiky vstupov – fuzzifikácia.....	70
4.1.2	Fuzzy množiny ceny zlata .....	71
4.1.3	Fuzzy množiny nezhodnotenia peňažného majetku.....	73
4.1.4	Kurz USD/CZK .....	75
4.1.5	Riešenie problematiky výstupov - defuzzifikácia.....	77
4.1.6	Riešenie problematiky rozhodovacích podmienok .....	78
4.1.7	Rozhodovacie podmienky .....	78
4.1.8	Grafické vyjadrenie modelu investovania do komodity zlato .....	81
4.1.9	Alternatívny zjednodušený model .....	82
4.2	Zhodnotenie modelu investovania do zlata .....	84
4.2.1	Testovanie vypracovaného modelu.....	86
4.3	Predikcia vývoja trendu akcií .....	87
4.3.1	Riešenie problematiky zdrojových údajov a vstupných nastavení .....	88
4.3.2	Analógia funkčnosti .....	90
4.3.3	Tvorba neurónovej siete Narx a dátovej štruktúry.....	92
4.3.4	Riešenie problematiky znázornenia výstupných údajov .....	94
4.4	Záver predikcie vývoja trendu akcií.....	96
4.4.1	Použitie navrhutej aplikácie pri obchodovaní s akciami GOOG .....	97
	Záver.....	100
	Zoznam použitej literatúry a zdroje dát.....	102
	Zoznam obrázkov.....	108
	Zoznam tabuliek.....	109
	Zoznam príloh.....	110

## Úvod

Obchodovanie na finančných trhoch prežíva zaujímavé obdobie. Môžeme vidieť historické maximá niektorých akciových indexov tak aj krátkodobé minimá, zmeny úrokových sadzieb, relatívne rýchle zmeny devízových kurzov, či pád cien niektorých komodít. Je viditeľný nový vplyv rozvojových krajín, či silný vplyv politiky, ako aj vplyv vojnových stavov východnej Európy. Zmienené faktory spôsobia volatilitu cien na finančných trhoch a umožňujú tak obchodovanie s veľmi atraktívnymi možnými príjmami pre obchodníkov.

Do pozície investora sa môže dostať každý, nemusí sa jednať iba o veľké spoločnosti ale môžu to byť aj ľudia so svojimi úsporami. Pri možných zmenách napríklad prechod z českej koruny na euro, alebo devalvácia samotného eura zvyšuje riziko že peňažné úspory prídu o svoju pôvodnú hodnotu, nehovoriac o tlaku inflácie. Výnosy niektorých investičných inštrumentov nepresahujú ani mieru inflácie, a tak investorom skôr znižujú stratu ako vytvárajú zisk. Zase investori ktorí majú tendenciu riskovať sa môžu raz dva popáliť a prísť o svoje úspory. Jedno je však jasné, s peniazmi na bežnom účte nezbohatneme.

Na otázku kam investovať by ľudia odpovedali rôzne. Každý má o tom svoju vlastnú mienku a vynájdenú techniku „dobrého“ investovania. Investičných možností existujú tisícky. Za najvýznamnejšie druhy finančných investičných inštrumentov je možné považovať predovšetkým nástroje peňažného a kapitálového trhu, cudzie meny a drahé kovy. Môžeme sa stretnúť vedľa týchto základných investičných inštrumentov aj s ich nadstavbami, dokonca existujú aj investičné možnosti ktoré vôbec nemusia súvisieť s inštrumentami finančnými, skôr s nástrojmi reálnych inštrumentov.

Na investorov sa rúti hromada informácií o možnostiach a zmenách na finančnom trhu. Všeobecne pre komplexný obraz na obchodovanie s investičnými nástrojmi je využitie týkajúcich sa zásad nálad na trhu (psychologická analýza), technickej analýzy a fundamentálnej analýzy. Analýza a vyhodnotenie týchto informácií je časovo a znalostne, teda aj finančne náročná. V našom čoraz rýchlejšom svete nezostáva priestor na hľadanie korelácií medzi týmito informáciami pre vytvorenie komplexného obrazu o budúcom vývoji trhu.

Argument pre využitie technickej analýzy a jej výhod je, že analýza vychádza z predpokladu že rozhodujúce faktory sú tržná ponuka a dopyt, na základe ktorých sa na organizovaných trhoch tvoria ceny. V nich sú obsiahnuté všetky informácie, ako dostupné informácie (fundamentálne údaje), tak aj prípadný optimizmus alebo pesimizmus jednotlivých účastníkov obchodovania. Nezaujíma sa o cenovú úroveň a konkrétne príčiny kurzových zmien, ale skôr o predvídanie ich smeru a odhadovanie okamihu, v ktorých nastanú. Predpoveď z analýzy je potom možno použiť na časovanie „najvýhodnejších“ investícií či sa už jedná o kúpu alebo predaj na finančnom trhu.

Spoločne predpovedať budúcnosť je ale náročné, hlavne keď sa jedná o málo deterministický dynamický systém ako je Ekonomia. Ekonomiku možno považovať za veľký otvorený systém, ktorý je ovplyvňovaný fluktuáciami ako vnútornými, tak vonkajšími. V takomto systéme je veľmi náročné úspešne obchodovať, z dôvodu jeho náročnej predvídateľnosti a hromade indikátorov.

Predpoklad technických analytikov je, že samotný kurz (cena) burzového nástroja už kumuluje všetky relevantné a dostupné informácie o nej. Použitím metód umelej inteligencie zahrňujúcu analýzu samotného vývoja kurzu ako časová rada historických hodnôt je možná predikcia jej ďalšej ceny v budúcnosti. Ich použitie pre predikciu vychádza z predstavy „naučiť“ sa historické dáta a na ich základe produkovať hypotézy o budúcom vývoji trhu. Práve túto problematiku rieši jeden z výsledkov tejto práce.

Ďalšia zaujímaná zmena na obchodovaní na finančných trhoch je automatické odchovanie využívaním počítačových algoritmov a využitie umelej inteligencie, s ktorou sa aj táto práca zaoberá. Účel modelu expertného systému je namodelovať znalosti existujúcich expertov v investičných rozhodovaniach algoritmom a simulovať ich správanie.

# 1 Ciele práce, metódy a postupy spracovania

Hlavným cieľom práce je využitie umelej inteligencie na finančných trhoch. Práca podľa pokynov pre vypracovanie sa delí do logicky nadväzujúcich častí podľa názvov hlavných číslovaných kapitol. Na konci v nečíslovanej záverečnej kapitole sa sumarizujú dosiahnuté výsledky.

**V teoretickej časti je cieľ popísať východisko práce.** V ekonomických vedách existuje niekoľko analytických prístupov k riešeniu úlohy týkajúcej sa finančných trhov ako je určenie hodnôt akcií a komodít, predikcia trendov časových radov finančných inštrumentov, obchodovanie na burze, optimalizácia portfólií a ďalšie. Tieto záležitosti budú postupne v teoretickej časti práce rozobrané a diskutované. Ďalej sa tiež vysvetlí systémová teória a súbory metód, teoretických prístupov a algoritmov umelej inteligencie, ktoré sú špecifické pre riešenie problematiky finančného trhu.

Synergický efekt disciplín umelej inteligencie a finančného trhu otvára široké spektrum možností. Pre návrh konkrétneho modelu sa najprv musí zúžiť spektrum, vychádzajúce z vedeckej teórie na špecifickú aplikáciu. Z týchto oblastí som si pre konkrétnu aplikáciu vybral technickú analýzu a pod ňu spadajúce aplikácie metód umelej inteligencie. Je to oblasť, ktorá ponúka pre tieto problémy rôzne riešenia inšpirované prírodnými javmi v snahe o matematický opis dynamických nelineárnych systémov. Táto široká oblasť zahŕňa napríklad systémy fuzzy logiky, umelých neurónových sietí, evolučných algoritmov a teórie chaosu.

**Analýza súčasného stavu má za cieľ** sa zaostriť a argumentovať dôvody **voľby finančných inštrumentov**. Za najvýznamnejšie druhy finančných investičných inštrumentov sa dajú považovať predovšetkým nástroje peňažného a kapitálového trhu, cudzie meny a drahé kovy, ale okrem nich existujú aj iné možnosti investovania. Spoločnou kombináciu investičných inštrumentov sa vytvára obrovské množstvo možných portfólií. Na základe tejto analýzy sa zvolia investičné inštrumenty a definuje sa ich metóda analýzy a metóda umelej inteligencie.

**Vlastné návrhy majú cieľ** zvoleným investičným inštrumentom **vypracovať metódu umelej inteligencie**. Základ tvorí voľba vývojového prostredia pre riešenie algoritmov a programovej časti modelu. Zahrňuje aj voľbu ďalších softvérov a doplnkov pre možné ostatné výpočty a grafy.

Táto časť sa delí na dve konkrétne aplikácie. Jeden z cieľov tejto časti je vytvorenie modelu na **predikciu vývoja trendu**. Druhý cieľ a časť práce popisuje **návrh modelu expertného systému** pre investovanie a stanovenie príslušných pravidiel investovania.

## 1.1 Postup spracovania práce

Práca postupuje podľa nasledujúcich logických krokov v nasledovnom poradí:

- Zber dostupných a dôležitých dát a informácií.
- Analýza dát a informácií.
  - Pochopenie problematiky umelej inteligencie na finančnom trhu.
  - Finančné inštrumenty a možnosti obchodovania na finančnom trhu.
- Filtrácia relevantných informácií.
- Návrh možných investičných inštrumentov.
- Návrh možných modelov popisujúce danú problematiku.
- Vytvorenie a odsimulovanie modelov.
- Výber najlepších modelov komparatívnou metódou.
- Vysvetlenie vybraných modelov pre možné doladenie na väčšiu efektivitu presnosti.
- Použiť vybrané modely, ako dôkaz správnej funkčnosti.
- Zhodnotenie a záver.

## 2 Teoretické východiská práce

V tejto časti budú definované základné pojmy a koncepty používané v ďalších častiach práce. Celú kapitolu je možné rozdeliť na dva logické bloky. Prvá sa zaoberá všeobecnou teóriou systémov, návrhmi modelov a metódami umelej inteligencie, ďalej táto časť vysvetľuje aj vývojové prostredie Matlabu. Druhý logický blok sa zaoberá ekonomickým prístupom k finančným trhom a s obchodovaním na týchto trhoch.

### 2.1 Systémová teória

Všeobecná teória systémov sa zaoberá metódami, nástrojmi, princípmi, problémami, popismi a technikami týkajúcich sa systémov. Systémová teória je súbor definícií, axiém, viet, pravidiel, nástrojov na vysokom stupni abstrakcie, umožňujúce pracovať s pojmami potrebnými pre popis a riešenie daného problému.

Systém je možno definovať ako účelovo usporiadaná množina prvkov a množina väzieb medzi nimi, s dynamickým správaním, ktoré spoločne určujú vlastnosti celku. (BURÝ, 2007, str. 3) Systém ako množina prvkov, spolu s množinou väzieb medzi nimi navzájom i s okolím.

Ďalšie definície pojmu systém môžu byť: (ERNEST, 2004, str. 2-3):

- **Zdrojový systém** - je daná množina veličín, definovaných (uvažovaných) na určitej rozlišovacej úrovni.
- **Dátový systém** - je doplnenie zdrojového systému konkrétnom vzorkou aktivity systému (daný súborom variácií určitých veličín napr. v čase).
- **Generatívny systém** - je časový vzťah medzi minulými, súčasnými a budúcimi hodnotami istých veličín.

#### 2.1.1 Rozdelenie systémov

Deliť systémy do skupín systémov je možné triediť podľa rôznych hľadísk: (VAVŘÍN, 1996)

**Podľa interakcie (väzieb) s okolím:**

- Uzavreté (voľné, neutrálne) - nenastáva interakcia s okolím.
- Otvorené (riadené) - sú závislé na vplyvu okolia.

**Podľa počtu veličín:**

- Ohraničené (obmedzené) - s konečným počtom veličín a s konečnou štruktúrou.
- Neohraničené (neobmedzené) – počet veličín sa môže meniť.

**Podľa typu veličín:**

- Spojité - premenné nadobúdajú hodnoty z množiny reálnych čísel.
- Diskrétné - premenné nadobúdajú hodnoty z množiny celých čísel.

Poznámka: Systémy môžu byť spojité a diskrétné v úrovni a spojité alebo diskrétné v čase (vzorkovacia frekvencia) a je možné ich kombinovať.

**Rozdelenie systémov podľa kauzality:**

- Deterministické systémy - hodnoty výstupných veličín sú jednoznačne určené priebehom vstupných veličín.
- Stochastické (náhodné, pravdepodobnostné) systémy - pri ktorých je určené iba rozdelenie pravdepodobnosti výstupných veličín.

**Podľa hĺbky pamäte:**

- Statické systémy (kombinačné, bez pamäte) - všetky veličiny sú jednoznačne určené okamžitými hodnotami riadiacich veličín.
- Dynamické systémy (sekvenčné, s pamäťou) – systém ktorého výstup (stav) je závislý nielen na okamžitých hodnotách vstupov (a ich derivácií) ale aj na predchádzajúcich hodnotách vstupov a stavov (závislá na hĺbke pamäte).

**Podľa objektov:**

- Abstraktné - abstraktný systém (abstraktný matematický model) je súbor vzťahov a podmienok v matematickej reči, v ktorom ako premenné figurujú fyzikálne veličiny a ktorý je zostavený na základe našich fyzikálnych poznatkov. (BURÝ, 2007, str. 6)
- Reálne - systém definovaný na konkrétnych reálnych objektoch. Býva to zvyčajne účelovo zjednodušený obraz daného objektu.

**Podľa reakcie na podnety:**

- Kauzálne (systémy bez predvídania) - reagujú len na minulé a aktuálne hodnoty vstupov, systém je fyzikálne realizovateľný.

- Anticipatívne (systémy s predvídaním) - reagujú na minulé, aktuálne i budúce hodnoty vstupov (teda vie aj čiastočne predikovať).

### **2.1.2 Systémový prístup**

Metodický postup, ktorý upravuje pravidlá daných činností tak, aby sa dosiahol určitý cieľ s minimom (maximom) strát (ziskov).

Za systémový prístup možno považovať spôsob myslenia, spôsob riešenia daného problému alebo spôsob jednania, v ktorom sú javy chápané komplexne v ich vnútorných a vonkajších súvislostiach. To sa dá chápať ako potreba skúmať systémy so silnými (nezanedbateľnými) interakciami medzi jeho zložkami, rovnako ako medzi systémom a okolím. Tento spôsob štúdia je v protiklade ku klasickej (newtonovskej) metóde vo vede, ktorá považuje skúmaný objekt za súbor izolovaných častí a snaží sa odvodiť vlastnosti celku priamo z vlastností jeho častí bez uvažovania možných interakcií medzi jeho časťami. (ŠTECHA, HAVLENA, 1993)

### **2.1.3 Optimalizácia systému, modelovanie a simulácia**

Optimalizácia je proces, v rámci ktorého sa hľadajú také hodnoty nezávisle premenných, aby pri určitých obmedzeniach na ne kladených, dosahovala závisle premenná extrémnu hodnotu. (JANÍČEK, 2007) Proces optimalizácia hľadá extrém (maximum popri prípade minimum) vlastností deja alebo procesu pre dosiahnutie optimálnych vlastností. Optimálne riešenie možno dosiahnuť vykonaním procesu optimalizácie a to hľadaním extrémov danej entity (systému, proces, model). Dôležité je rozoznať čo sa optimalizuje, za akých okolností a aké sú kritériá, to jest extrém, ktoré hľadáme (rýchlosť, efektívnosť, atď.).

Modelovanie je základným princípom metód konceptuálneho návrhu systému. Techniky, nástroje a metodické postupy modelovania vychádzajú z predpokladu že navrhnutý model systému je zjednodušený model reálneho systému. (ŘEPA, 2006) Zjednodušený model sa ľahšie skúma a je zrozumiteľnejší pre človeka a mal by znázorňovať tie informácie, ktoré sú potrebné na analýzu, avšak model by nemal byť až tak zjednodušený aby došlo ku skresleniu dôležitých informácií a tak k zlému vyhodnoteniu údajov. Informácia v systéme nevzniká, ale je ním iba sprostredkovaná



s pridanou hodnotou. Modelovanie má spojiť dátový a funkčný pohľad tak, aby popisovala celú skúmanú realitu jedným modelom. (ŘEPA, 2006)

Pred nasadením modelu do reálneho sveta je vhodné simulovať funkčnosť a správanie vytvoreného modelu a keď je na to možnosť porovnať ju s reálnym systémom.

## **2.2 MATLAB**

MATLAB<sup>®</sup> (matrix laboratory) je interaktívne programové prostredie a skriptovací programovací jazyk vyvinutý spoločnosťou MathWorks. Programovací jazyk MATLABu je na vysokej úrovni a interaktívne prostredie používajú milióny inžinierov a vedcov po celom svete. To nám umožní preskúmať a vizualizovať myšlienky a spolupracovať naprieč odbory, vrátane spracovania signálov a obrazov, komunikácie, riadiacich systémov a finančných výpočtov.

MATLAB umožňuje počítanie s maticami, vykresľovanie 2D aj 3D grafov funkcií, implementáciu algoritmov, počítačovú simuláciu, analýzu a prezentáciu dát i vytváranie aplikácií vrátane používateľského rozhrania. Pôvodne bol jazyk určený pre matematické účely, ale časom bol upravený, boli pridané nové funkcie a rozšírenia, rozrástol sa rôznymi smermi a dnes je využiteľný v širokej palete aplikácií. Hlavnou oblasťou využitia sú technické odbory a ekonómia. (ALTIUS, 2015)

MATLAB sa dá využívať rôznymi spôsobmi v závislosti od zakúpených licenčných podmienok a zahrnutých toolboxov. Táto práca používa toolboxy: Neural Network Toolbox<sup>™</sup> a Fuzzy Logic Toolbox<sup>™</sup>. V ďalšom vývoji je možné využiť Parallel Computing Toolbox pre urýchlenie výpočtov využitím paralelných výpočtov u viacjadrových procesorov.

### **2.2.1 Fuzzy Logic Toolbox<sup>™</sup>**

Poskytuje MATLAB-u funkcie, grafické nástroje a Simulink bloky pre návrh, analýzu, a simuláciu systémov založených na fuzzy logike. Funkcie sú k dispozícii pre mnoho bežných metód, vrátane fuzzy zhľukovania a adaptívneho neurofuzzy učenia. Panel s nástrojmi umožňuje modelovať zložité systémové správanie pomocou jednoduchých logických pravidiel a následne realizovať tieto pravidlá do fuzzy systému. V prípade potreby umožňuje použiť fuzzy inference bloky v Simulinku a simulovať fuzzy

systemy v rámci komplexného modelu celého dynamického systému. (MATHWORKS, 2015)

### 2.2.2 Neural Network Toolbox™

Poskytuje funkcie a aplikácie pre modelovanie komplexných nelineárnych systémov, ktoré sú ťažko modelovateľné uzavretými tvarmi rovníc. Toolbox podporuje aj učenie s učiteľom so spätnou väzbou, radiálne bazové funkcie a dynamické siete. Toolbox ďalej umožňuje aj učenie bez učiteľa so samo organizujúcimi sa mapami a konkurenčnými vrstvami. Pomocou toolboxu je možné navrhnuť, trénovať, vizualizovať a simulovať neurónové siete. Neural Network Toolbox sa používa v aplikáciách ako je data fitting, rozpoznávanie vzorov, zhlukovanie, predikcia časových radov a na modelovanie dynamických systémov a riadenia. (MATHWORKS, 2015)

Pre urýchlenie učenia a na zvládnutie veľkých dátových súborov je možné využiť už zmienený Parallel Computing Toolbox™, ktorý s využitím paralelných výpočtov distribuuje výpočty a dáta u viacjadrových procesorov, grafických čipov a počítačových klastrov. (MATHWORKS, 2015)

## 2.3 Umelá inteligencia

Umelú inteligenciu je možné v súčasnej dobe chápať ako súbor metód, teoretických prístupov a algoritmov, ktoré zjednocujú úsilie v počítačových riešeniach veľmi zložitých úloh. V odbornej literatúre na definíciu **umelá inteligencia** (ďalej už iba **UI**) - **artificial intelligence** (ďalej už iba **AI**) existujú stovky vysvetlení ale ani jedna obecná. Je to preto, lebo inteligentný systém podľa predpokladov bude konať (správať sa cieľavedome) a myslieť (usudzovať). Konanie a myslenie inteligentného systému bude ľudské alebo racionálne (rozumný, vychádzajúci z úvahy, rozumom odôvodnený, účelný, hospodárny). Tým vzniká viacero uhl'ov pohľadu, každý na svoju danú problematiku. Pre všeobecné pochopenie UI uvádzam mienky niektorých autorov a rok prehlásenia.

Modeluje inteligenciu	
Ľudskú	Racionálnu
Systémy ktoré myslia ako ľudia	Systémy, ktoré myslia racionálne
Silná UI	Klasická UI
Myslieť ľudsky - kognitívna veda	Myslieť racionálne - logika
Systémy ktoré sa správajú ako ľudia	Systémy ktoré správajú racionálne
Slabá UI	Nová UI
Jednať ľudsky – behaviorizmus	Jednať racionálne – robiť správne veci

Tabuľka 2.1: Definícia umelej inteligencie organizovaná do kategórií

Zdroj: (RUSSELL, NORVIG, 2010, str. 2)

### Definícia UI – slabá

„Umelá inteligencia je veda o vytváraní strojov alebo systémov, ktoré budú pri riešení určitej úlohy užívať taký postup, ktorý - keby ho robil človek - by sme považovali za prejav jeho inteligencie.“ (MINSKY, 2006) [38]

„Umelá inteligencia sa zaoberá tým, ako počítačovo riešiť úlohy, ktoré dnes zatiaľ zvládajú ľudia lepšie,“ (RICH, KNIGHT, 1991)

Alan Turing sa pokúsil definovať umelú inteligenciu a tak v roku 1950 navrhol svoj Turingov test: Stroj prejde testom, ak nie je človek na základe písomnej komunikácie schopný rozpoznať, či na druhej strane je človek alebo stroj. (RUSSELL, NORVIG, 2010, str. 3)

### Definícia UI - silná

„Umelá inteligencia predstavuje úsilie o vytvorenie mysliacich počítačov, strojov s vlastným myslením, duchom v plnom slova zmysle“ (HAUGELAND, 1985)

„Umelá inteligencia automatizuje činnosti, ktoré spájame s ľudským myslením, tj. činnosti ako rozhodovanie, riešenie problémov, učenie, ...“, (BELLMAN, 1978)

### Definícia UI - klasická

„Umelá inteligencia študuje duševné schopnosti za použitia počítačových modelov“ (CHARNIAK, McDERMOTT, 1985)

„Umelá inteligencia študuje výpočty, ktoré umožňujú vnímať, uvažovať a konať“ (WINSTON, 1992)

### **Definícia UI - nová**

*„Umelá inteligencia je počítačová veda, ktorá sa zaoberá automatizáciou inteligentného správania.“ (LUGER, STUBBLEFIELD, 1989)*

*„Umelá inteligencia je odbor vysvetľujúci a napodobňujúci inteligentné správanie v rámci počítačových procesov.“ (SCHALKOFF, 1990)*

### **Definície UI medzi vedcami českými:**

*„Umelá inteligencia je vlastnosť človekom umelo vytvorených systémov vyznačujúcich sa schopnosťou rozpoznávať predmety, javy a situácie, analyzovať vzťahy medzi nimi, a tak vytvárať vnútorné modely sveta, v ktorých tieto systémy existujú, a na tomto základe potom prijímajú určité rozhodnutia, so schopnosťou predvídať dôsledky týchto rozhodnutí a objavovať nové zákonitosti medzi rôznymi modelmi alebo ich skupinami“ (KOTEK, 1990)*

*"Daný stroj je inteligentný, ak dokáže bez zásahu človeka rozumne a logicky riešiť rôzne situácie tak, ako by ich riešil človek." (ZELINKA, 2009)*

### **Prístup práce k tejto oblasti**

Táto práca sa zaostruje na konkrétnu časť UI a to sú **expertné systémy**. Expertné systémy by mali byť schopné konať správne rozhodnutia v reálnych situáciách, ktoré simulujú rozhodovacie činnosti expertov pri riešení problémovo úzko zameraných úloh. Sú to počítačové algoritmy založené na myšlienke prevzatia znalostí od experta a následné využitie týchto znalostí na svoju činnosť (napr.: lekárska diagnóza, strategické rozhodovanie na bojisku, burze a pod.).

Expertné systémy zahrňujú široké množstvo metód, táto práca však pracuje metódami: fuzzy logika, umelé neurónové siete a genetické algoritmy, ktoré sú vysvetlené v podkapitolách.

#### **2.3.1 Fuzzy logika a fuzzy množiny**

Slovo „fuzzy“ pochádza z angličtiny, znamená „hmlistý, nejasný, neostrý, neurčitý“. Fuzzy logika bola zavedená prvý krát v roku 1965 Lotfim Zadehem z Kalifornskej univerzity v Berkeley. (STANFORD E.F., 2006) Fuzzy logika sa od klasickej logiky líši počtom možných hodnôt. Kým klasická logika využíva dva stavy pravda (logická 1)

a nepravda (logická 0), fuzzy logika využíva celú množinu intervalu  $<0; 1>$ , umožňuje tak lepšie opísať prvky ležiace medzi krajnými extrémami. (JURA, 2003)

V dnešnom svete človek používa počítače, ktoré sú schopné vykonať milióny inštrukcií za sekundu, napriek tomu doteraz nevieme pomocou akéhokoľvek automatu prekladať z jedného jazyka do druhého na úrovni ľudského tlmočníka. Človek stojaci pred riešením podobnej úlohy neuvažuje vo svojej mysli pomocou presne nameraných hodnôt, nepočíta s presnými hodnotami, ale skôr s „hmlistými“ pojmami typu „ďaleko, blízko“, alebo „rýchle, pomalé“, čiže sa vyjadruje s nenumernými pojmami. Predpoklad fuzzy teórie je že entity (napríklad numerické hodnoty) sa dajú priradiť do príslušných množín s váhou príslušnosti.

Uvádžam príklad na fuzzy množiny: Nech existuje univerzum cien s množinami „drahé“ a „lacné“ 500 € patrí do množiny drahé príslušnosťou 1 (lacné je 0), ale 20 € patrí do množiny drahé s príslušnosťou 0,2 a do množiny lacné s príslušnosťou 0,7. 0,5 € patrí do množiny drahé príslušnosťou 0 a do lacné s príslušnosťou 1. Entitami týchto množín existuje niekoľko spôsobov ako ďalej s nimi zaobchádzať (únia množín, rozdiel množín, atď.). Ďalej sa môže navrhnúť fuzzy systém na regulovanie alebo vyhodnotenie vstupov.

### Proces fuzzy spracovania

Tvorba systému s fuzzy logikou obsahuje 3 základné kroky:

- Fuzzifikácia – transformácie vstupných premenných do fuzzy podoby
- Fuzzy inferencia – definuje chovanie sa systému pomocou pravidiel
- Defuzzifikácia – prevedie výsledok na reálne hodnoty



Obrázok 2-1: Fuzzy spracovanie Zdroj: (DOSTÁL, 2012, str. 15)

Fuzzy prístup možno kombinovať aj s inými metódami, napríklad genetickými algoritmi a neurónovými sieťami. Bez fuzzifikácie je možné využiť fuzzy spracovanie vstupov ak sú vágne, či výstupov, v prípade keď je potrebné na ďalšie vyhodnotenie.

### 2.3.2 Genetické algoritmy

Genetické algoritmy sú špecifické typy evolučných algoritmov, ktoré v súčasnej dobe sú najrozšírenejšie a najprepracovanejšie v oblasti podnikateľstva a verejnej správy

(DOSTÁL, 2012). Genetický algoritmus je heuristický postup, ktorý sa snaží aplikáciou princípov evolučnej biológie nájsť riešenie zložitých problémov, pre ktoré neexistuje použiteľný exaktný algoritmus. Genetické algoritmy, resp. všetky postupy patriace medzi tzv. evolučné algoritmy, používajú techniky napodobňujúce evolučné procesy známe z biológie - dedičnosť, mutácie, prirodzený výber a kríženie - pre šľachtenie - riešenie zadanej úlohy.

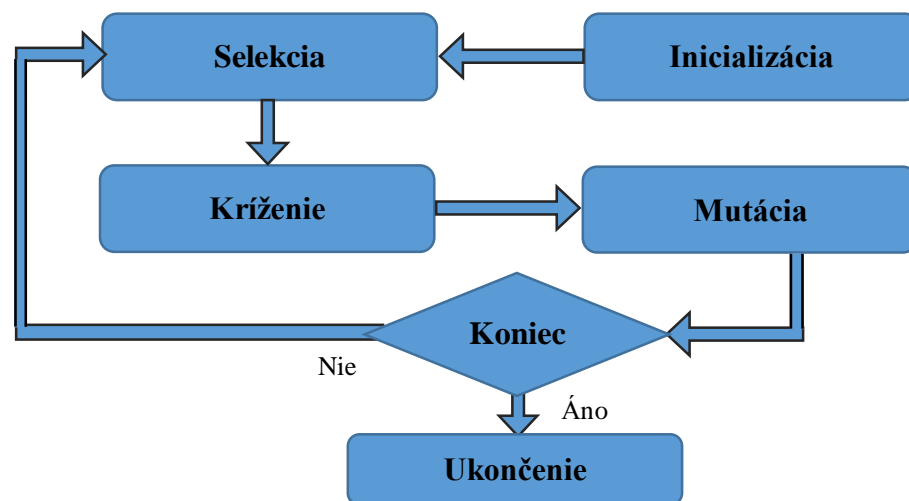
Evolúcia je proces, ktorý poháňa vpred vývoj všetkých živých organizmov. Jej centrálnym princípom je umožniť silným jedincom prežiť a množiť sa. Svojim princípom je evolučný proces veľmi prostý, ale zároveň zaručuje vysoký výkon a robustnosť. Evolučné algoritmy v technickom poňatí znamenajú univerzálne numerické snímacie optimalizačné metódy, ktoré využívajú stochastické javy a napodobňujú prirodzený evolučný proces. Vďaka počítačom možno v prijateľnom čase modelovať státisíce generácií, ktoré by v prírode prebiehali milióny rokov.

Z genetiky sa do práce s genetickými algoritmi preniesli pojmy ako: (MITCHELL, 1996)

- Chromozóm – je tvorený sekvenčne usporiadanými génmi.
- Gén – predstavuje reťazec dedičných znakov.
- Lokus – určuje pozíciu znaku v chromozóme.
- Fenotyp - súbor všetkých pozorovateľných vlastností a znakov živého organizmu.

Predstavuje výsledok spolupôsobenia genotypu a prostredia.

Proces fungovania genetického algoritmu možno zjednodušene zapísať nasledujúcim diagramom:



Obrázok 2-2: Proces reprodukcie

Zdroj: (DOSTÁL, 2012, str. 127)

Algoritmus možno slovami popísať takto:

- **Inicializácia** - Vytvorí nultú (štartovnú) populáciu, zvyčajne zloženú z náhodne vygenerovaných jedincov alebo už v minulosti použitých riešení.
- **Selekcia (začiatok cyklu)** - Pomocou určitej výberovej metódy (spravidla čiastočne náhodnej) sa vyberie z populácie niekoľko jedincov s vysokou zdatnosťou. Dôjde k vyradeniu jedincov s najhoršími výsledkami a množeniu jedincov s najlepšími výsledkami.
- Z vybraných jedincov sa vygenerujú noví, čím vznikne ďalšia generácia použitím nasledujúcich metód (operátorov):
  - Kríženie - "prehod" časti niekoľkých jedincov medzi sebou.
  - Mutácie - náhodné zmeny časti jedinca.
  - Reprodukcie - kopírujú jedinca bez zmeny.
- Vypočítajú sa zdatnosti nových jedincov.
- **Koniec cyklu** - ak nie je splnená zastavovacia podmienka, tak pokračuje cyklus od znova, keď je podmienka splnená, tak koniec algoritmu.
- **Koniec algoritmu** - Jedinec s najvyššou zdatnosťou je hlavným výstupom algoritmu a reprezentuje najlepšie nájdené riešenie.

Cieľom genetického algoritmu je nájdenie takého chromozómu  $x$ , ktorý má hodnotu fitness funkcie  $f(x)$  blízku alebo rovnú  $f(x_{opt})$ . Bežne sa do genetického algoritmu vkladá pravidlo na ukončenie cyklu, pre prípad, že sa výstup po niekoľko generácií nezlepšuje. V situácii, keď takýto výsledok nie je prijateľný, je nutné zmeniť systém, spôsob kríženia, frekvenciu mutácií, veľkosť populácie a tak podobne. (DOSTÁL, 2012)

### 2.3.3 Evolučné algoritmy

Genetické algoritmy patria do skupiny evolučných algoritmov. Hoci genetické algoritmy sú najčastejšie typy evolučných algoritmov, existujú aj iné druhy, ako sú evolučné stratégie. Takže, evolučné algoritmy zahŕňajú genetické algoritmy a ďalšie.

Evolučné algoritmy možno rozdeliť do troch hlavných oblastí výskumu a použitia: (DIANATI a kol., 2002)

- **Genetické algoritmy** – (vysvetlené v predošlej kapitole) na tejto báze je založené aj **Genetické programovanie** (čo niektorí vedci kategorizujú ako štvrtú oblasť).
- **Evolučné stratégie.**

- **Evolučné programovanie.**

Genetické programovanie sa používalo ako všeobecný model pre adaptívne procesy, ale časom sa stal efektívnym nástrojom pri optimalizácii, zatiaľ čo evolučné stratégie boli od začiatku navrhnuté pre variabilné optimalizácie.

### **Evolučné stratégie**

Evolučné stratégie (ES) patria medzi prvé úspešné stochastické metódy. Evolučné stratégie vynášali v Nemecku v 60. rokoch Bienert, Rechenberg a Schwefel. ES vychádza rovnako ako GA<sup>1</sup> zo všeobecných predstáv prirodzeného výberu, avšak na rozdiel od GA je, že má vágnejší prístup. Jej premenné nie sú reprezentované binárne, ale ako reálne hodnoty. (CORNE, BENTLEY, 2001)

Najznámejšia ES je stratégia (1 + 1) - jeden rodič a jeden potomok. Používaný je jediný operátor - mutácia a je iba jedno riešenie v populácii s maximálne dvoma jedincami (rodič a potomok).

### **Evolučné programovanie**

Evolučné programovanie (EP) patrí medzi stochastické optimalizačné algoritmy, ktoré môžu byť chápané ako jednoduché zovšeobecnenie horolezeckého algoritmu. Hoci sú si EP a ES blízke, boli vyvinuté nezávisle v 60. rokoch Lawrencom Fogel. Algoritmus bol pôvodne vyvinutý pre predpovedanie nových stavov a udalostí. K tomu boli použité konečné automaty. Na rozdiel od GP, algoritmus EP používa len operátor mutácie. Princíp súťaženia spočíva vo výbere len najlepších rodičov a potomkov. Z každého vybraného jedinca sa vyrobí nový potomok do ďalšej populácie. (KVASNIČKA a kol., 2000)

V ES jednotlivci sú kódované ako vektory reálnych čísel. Pri reprodukcii rodičia sú náhodne vybraní a najschopnejší potomkovia sú vybraní a vložení do ďalšej generácie. ES jedinci sú adaptívne. Veľkosť kroku alebo sila mutácie je zakódovaná v jednotlivcovi tak dobré parametre sa dajú dostať do ďalšej generácie výberom dobrých jedincov.

V GA jednotlivci sú kódované ako celé čísla. Voľba sa vykonáva výberom rodičov úmerne ich vhodnosti. Takže jedinci musia byť vyhodnotený pred tým, než sa uskutoční prvý výber. Genetické operátory pracujú na bitovej úrovni (napr. rezanie

---

<sup>1</sup> Použité skratky

ES – Evolučné stratégie  
GA – Genetické algoritmy

EP – Evolučné programovanie  
GP – Genetické programovanie

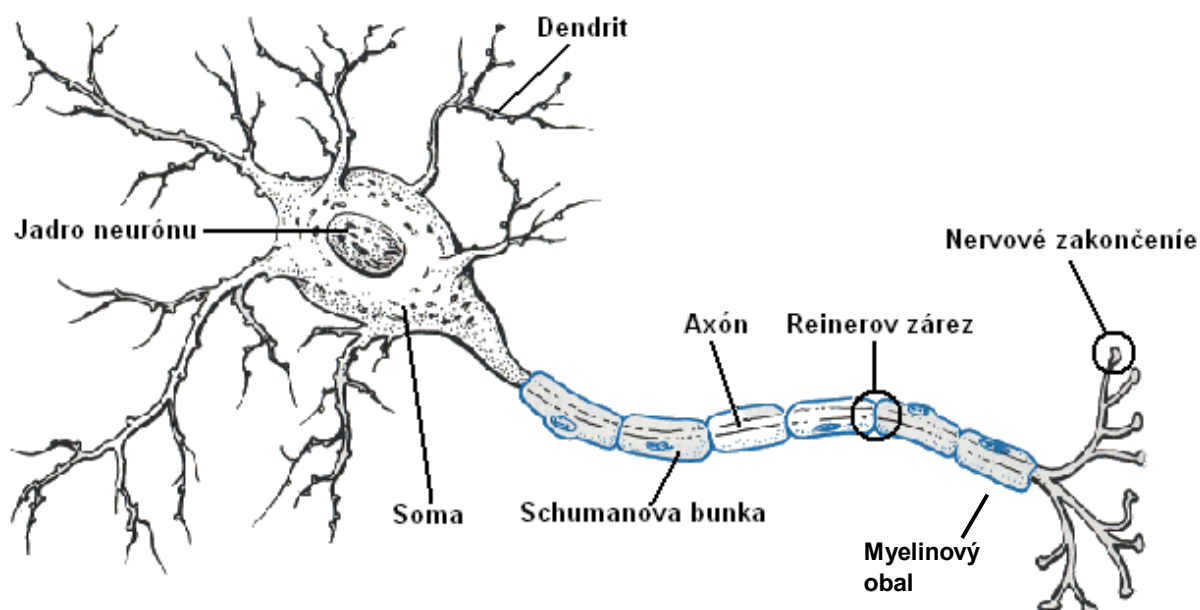


reťazca na viac častí a výmenu informácií realizujú kúskami druhého rodiča alebo prepínaním jednotlivých bitov).

Z pohľadu genetických algoritmov má evolučné programovanie výhodu v pseudonáhodnom výbere jedincov, pretože tak sa môže ľahšie prekonať falošné lokálne minimum. Evolučná stratégia má zase výhodu v existencii kríženia, keď zdieľanie informácie pomôže rýchlejšie dospieť k optimálnemu výsledku. V praxi sa metódy niekedy ťažko rozlišujú lebo na riešenie danej problematiky bol použitý hybridný algoritmus kombináciou genetických, tak aj evolučných metód.

#### 2.3.4 Umelé neurónové siete

Umelé neurónové siete boli, rovnako ako genetické algoritmy, inšpirované prírodou. Ich predlohou je mozog, ktorý je skutočnou neurónovou sieťou, ktorú sa snaží pochopiť, modelovať a systém simulovať spôsobom akým myslíme a logikou vyhodnotenia informácií. Pre lepšiu predstavu je na ďalšom obrázku znázornený obraz skutočného neurónu:



Obrázok 2-3: Biologický neurón

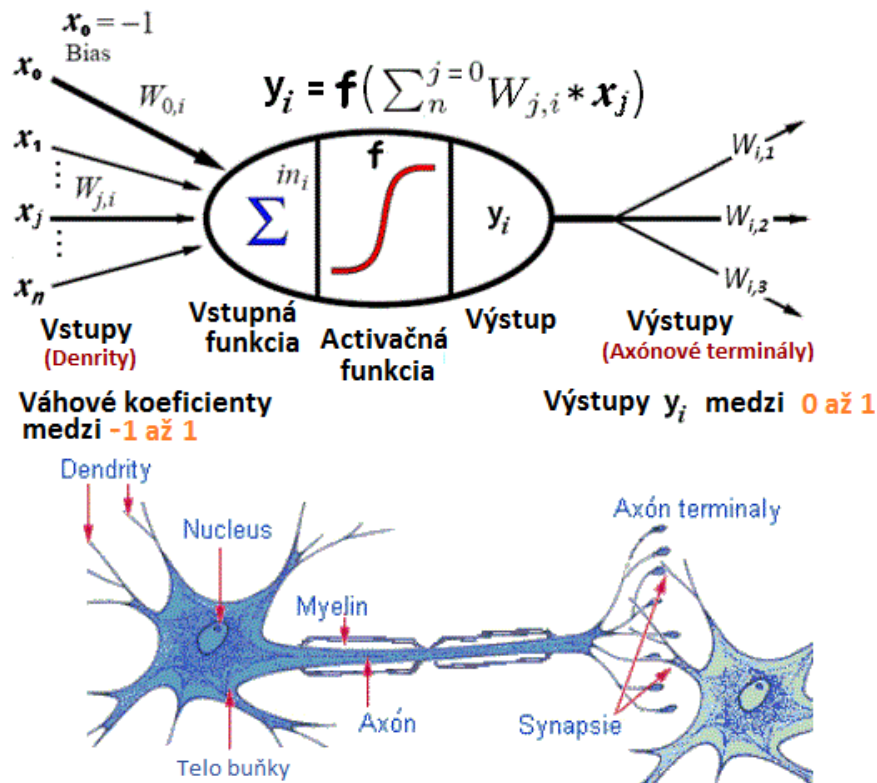
(prerobené zo zdroju: Neuropsychologysketches.com, 2008 )

Samotný neurón nie je na veľa vecí schopný ale navzájom prepojená neurónová sieť už dokáže viac. Pre predstavu, ľudský mozog je tvorený z  $10^{11}$  -  $10^{13}$  neurónov a úplné pochopenie jej zložitosti je ešte stále výzva pre vedu a výskum.

Reálny neurón sa skladá z bunkového tela, z výbežkov niekoľkých dendritov a jedného axónu, ktorý môže byť chránený myelinovým obalom. Dendrity slúžia k prenosu vzruchov do tela neurónu a axon pre vedenie výstupného vzruchu. V tele neurónu sa na základe biochemických dejov vykonáva sumácia vstupných vzruchov a ich transformácia na výstup. Neuróny spolu komunikujú na synapsiách pomocou elektrochemických procesov, čo im umožňuje veľmi rýchle odovzdávanie informácie. Synapsia je jednosmerné prepojenie neurónov a slúži pre prenos vzruchov, existuje niekoľko spôsobov ako synapsie môžu vzniknúť (miesto a mechanizmus prenosu). Medzi jednotlivými synapsiami sa môže nachádzať synaptická štrbina, do ktorej sa pri prijatí signálu axón v podobe akčného potenciálu zo synaptických váčkov vypustí príslušné neurotransmitery. Neurotransmitery sú viazané na receptory dendrity párového neurónu, kde aktivujú postsynaptické receptory a dôjde k vytvoreniu nového potenciálu. K prenosu potenciálu dochádza vždy až po sčítaní vzruchov z niekoľkých axónov (súčtový charakter). Pre prenos vzruchu je dôležitá tzv. neuronálna membrána. Vnútri sa nachádza niekoľko typov iónových kanálikov, čo sú bielkovinové kanály, ktoré prepúšťajú určité anorganické ióny. Otváranie kanálov sa riadi napätím, chemicky, mechanicky, alebo kombináciou týchto mechanizmov. Na membráne je v kľude tzv. membránový potenciál, čo je napätie vzniknuté rozdielom potenciálov vnútri a mimo membrány v závislosti na nerovnováhe iónov. Potom na základe polarizácie membrány, ktorá je spôsobená dráždením mediátora sa mení jej priechodnosť pre jednotlivé druhy iónov. (KOUKOLÍK, 2005; SELINGER, 1983)

Z tejto predstavy vychádzajú zjednodušené matematické opisy neurónu, ktoré sa začali objavovať v prvej polovici 20. storočia, ako prvé jednoduché modely neurónov. Prvé úspešné publikácie modelu neurónu uverejnil F. Rosenblatt v roku 1957, ktorému sa podarilo vytvoriť funkčný perceptron - ako nazval prvá najjednoduchšia neurónová sieť. Tá bola tvorená len jedným neurónom a jej použitie bolo značne obmedzené. Z hľadiska architektúry neurónu však bola totožná s neskoršími sieťami. (DOSTÁL, 2012, str. 67)

**Umelý neurón a umelé neurónové siete** - jedná sa o špeciálne matematické algoritmy, ktoré dokážu dobre simulovať logickú činnosť biologických neurónov a neurónových sietí a tým napodobňovať inteligenciu v špecifických úlohách.



Obrázok 2-4: Analógia modelu neurónu

Zdroj: vlastné spracovanie zo zdroju (Biomedresearches, 2014)

V popise architektúry neurónu (resp. Perceptron) sa objavujú tieto základné časti, pojmy: (DOSTÁL, 2012, str. 68)

- Vstupy (inputs -  $x_i$ )
- Výstupy (outputs).
- Váhy (Weights -  $w_i$ ).
- Umelo nastavená hodnota prvého vstupu (tzv. Bias).
- Transformačná, niekedy tiež prenosová, či aktivačná, funkcia (transfer function).
- Prahová hodnota transformačnej funkcie (threshold).

Opis správania sa matematického modelu neurónu môže vychádzať z nasledujúcej rovnice:

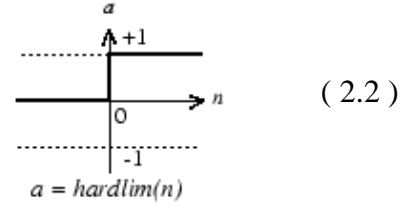
$$Y = f\left(\sum_{i=1}^N w_i x_i + bias\right) \quad (2.1)$$

Vektor vstupných hodnôt ( $x_1, x_2, \dots, x_N$ ) je vynásobený príslušným vektorom synaptických váh ( $w_1, w_2, \dots, w_N$ ) pre jednotlivé „dendrity“. K celkovému súčtu sa pripočíta prahová hodnota **bias**, ktorá môže nadobúdať aj záporné hodnoty. Ak je tento

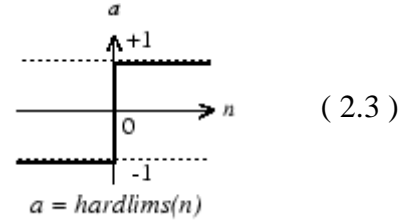
súčet väčší ako nula, výsledná hodnota je transformovaná na výstupnú pomocou aktivačnej funkcie nazývanej aj transformačná funkcia. (DOSTÁL, 2012, str. 68)

Aktivačné funkcie môžu byť rôzneho typu, medzi základné funkcie patria:

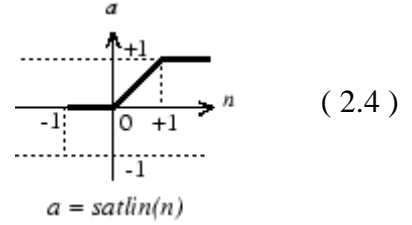
$$\text{hardlim} \begin{cases} a = 0 & n < 0 \\ a = 1 & n \geq 0 \end{cases}$$



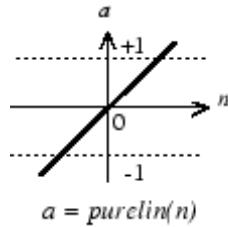
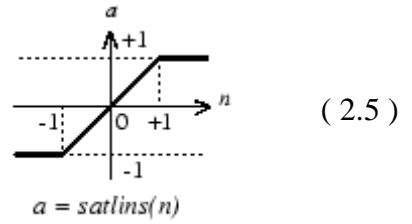
$$\text{hardlims} \begin{cases} a = -1 & n < 0 \\ a = +1 & n \geq 0 \end{cases}$$



$$\text{satlin} \begin{cases} a = 0 & n < 0 \\ a = n & 0 \leq n \leq 1 \\ a = 1 & n > 1 \end{cases}$$

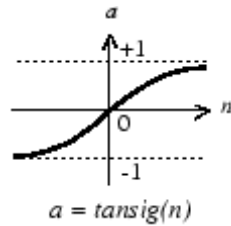
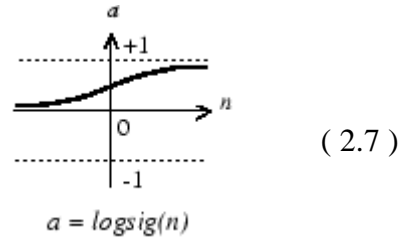


$$\text{satlins} \begin{cases} a = -1 & n < -1 \\ a = n & -1 \leq n \leq 1 \\ a = +1 & n > 1 \end{cases}$$



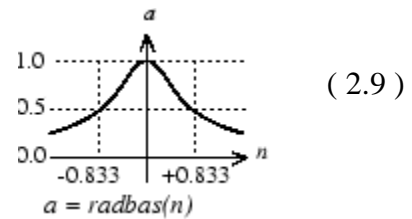
$$\text{purelin } a = n \quad (2.6)$$

$$\text{logsin } a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$$



$$\text{tansig } a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}} \quad (2.8)$$

$$\text{radbas } a = e^{-n^2}$$



Obrázok 2-5: Aktivačné funkcie

Zdroj: (MATHWORKS, 2015)

Najjednoduchšia funkcia je **hardlim**, kde výstupná hodnota je rovná 1 alebo 0, podľa podmienky vstupnej hodnoty. Zmyslom použitia transformácie vyššie uvedených funkcií alebo podobných funkcií je modifikácia úrovne výstupu na normované hodnoty (0 až 1 alebo -1 až 1). Aktivačná (transformačná) funkcia potom slúži na zobrazenie výstupu v intervale normovaných hodnôt. Táto úprava, ktorá sa niekedy označuje aj ako normalizácia, slúži na to, aby jednotlivé súčty nemohli nadobúdať vysoké hodnoty a tak eliminujú problémy prenosu informácií najmä u viacvrstvových neurónových sietí. (DOSTÁL, 2012, str. 69)

Neurónové siete majú širokú škálu využitia. Ich stavba je spravidla prispôbená danému účelu, pre ktorý je neurónová sieť vytvorená. Neexistuje však univerzálna topológia siete, ktorá by dokázala efektívne riešiť všetky druhy a komplexnosti problémov. Kvôli variabilite neurónových sietí ich možno deliť z rôznych hľadísk: (ŠÍMA, NERUDA, 1996; VOLNÁ, 2008)

#### Podľa topológie a zložitosti zapojenia:

- Počet vrstiev a počet neurónov danej vrstvy
  - 1 vrstva (lineárne separabilné problémy).
  - Viac vrstiev (štandardné klasifikačné problémy, simulácie algoritmov, základné predikcie smeru alebo hodnoty)
- Cyklickosť väzieb (priame – acyklické, cyklické).
- Organizovanie (pevné, samo-organizačné).
- Počet neurónových sietí, previazané siete sietí (problémy vyžadujúce spracovanie viac logicky nehomogénnych vstupov, zložité rozhodovanie závislé na viacerých zdrojoch dát).
- Komplexnosť - priebežne sa optimalizujúce rozhodovacie systémy založené na prepojení mnohých NN rôznymi funkciami a so vstupnými filtermi (napr.: analytické rozhodnutia založené na skúsenostiach).

### **Podľa dynamiky dát**

- Statické - logika dát je v čase nepremennivá, statická (napríklad simulácia matematických funkcií).
- Dynamické - vstupné dáta siete sú časovo premenné (napríklad časové rady).

### **Podľa použitia:**

- Napodobenie algoritmu - neurónová sieť môže simulovať algoritmus či operátor, bez toho aby bol známy jeho matematický predpis.
- Zhhlukovanie (tiež klastrovanie) - hľadá v množine prvkov skupiny prvkov s podobnými vlastnosťami, ktoré sa odlišujú od ostatných skupín.
- Predikcia - na základe historických hodnôt dokáže približne simulovať budúci vývoj.
- Klasifikácia - zaradí prvky množiny do správnej kategórie.
- Rozpoznávanie vzorov tvarov - naučí sa a následne rozpozná vzory v dátach, napr. obrazové vzory, problematiky počítačového videnia.

### **Metódy učenia umelých neurónových sietí**

- **Učenie bez učiteľa** (unsupervised learning) -

Nezohľadňujú cieľové hodnoty (môžu byť neznáme), hľadajú skryté štruktúry alebo zhluky vo vstupoch (neoznačených dát), z ktorých potom určujú výsledok. Siete sa riadia vlastnými pravidlami, ktoré určujú úspešnosť (napr. rozptyl výsledných dát).

**Dopredné šírenie** – vstupy sa priechodom neurónov triedia, alebo približujú „cieľovej“ hodnote, proces však ide iba jedným smerom – dopredu. Príklad na učenie bez učiteľa je: Neocognitron, Hopfieldova sieť, Kohenova sieť, ktorá sa používa na rozpoznávanie signálov obrazu, zvuku a tak podobne.

- **Učenie s učiteľom** (supervised learning)

Neurónová sieť sa učí porovnaním aktuálneho výstupu s výstupom požadovaným (učiteľ) a nastavovaním váh synapsií tak, aby sa znížil rozdiel medzi skutočným a požadovaným výstupom. **Rekurentné** - výsledok respektíve jeho chyba vedú k úprave počiatočných parametrov výpočtu a celý proces beží v cykle, kým nie je výsledok prijateľný, alebo dôjde k prerušeniu z iného dôvodu (perceptron, sieť s algoritmom backpropagation).

## 2.4 Finančný systém a finančný trh

Finančný systém a finančný trh (pojem chápaný ako združenie finančných trhov) sa v literatúre definuje rôzne, ale vychádzajú z rovnakého základného predpokladu. Pre definovanie pojmov uvádzam definície jednotlivých autorov a inštitúcií.

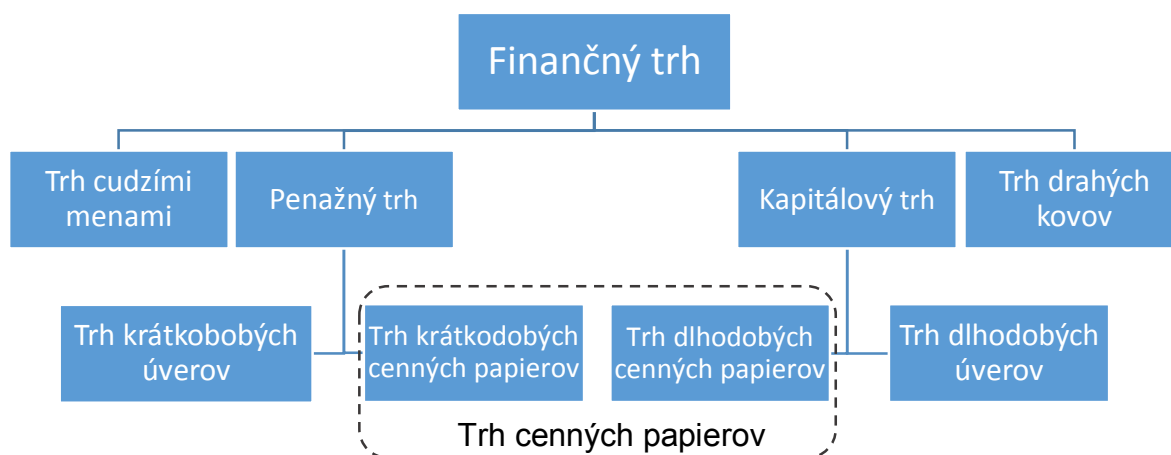
Finančný systém je definovaný ako súbor trhov, inštitúcií, zákonov, regulácií a techník, s ktorých pomocou sú obchodované obligácie, akcie a iné cenné papiere. Jedná sa o jeden z najdôležitejších vynálezov modernej spoločnosti. Jeho primárnou úlohou je zabezpečovať pohyb vzácného výpožičného kapitálu od tých, ktorí sporia k tým, ktorí ho potrebujú na investície a spotrebu. (ROSE, 1994)

Definícia finančného trhu môže byť: „*Finančný trh sa skladá z dvoch organicky na seba nadväzujúcich trhov: peňažného trhu a kapitálového trhu, ktoré sa bezprostredne ovplyvňujú a vzájomne dopĺňajú.*“ (ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA, 2015)

Finančný trh môže byť definovaný rozsiahlejšie a obecnnejšie: „*Finančný trh je systém inštitúcií a inštrumentov, zabezpečujúci pohyb peňazí a kapitálu (ponúkaného vo forme cenných papierov) vo všetkých jeho formách medzi rôznymi ekonomickými subjektmi; a to na základe dopytu a ponuky.*“ (SYNEK, KISLINGEROVÁ, 2010)

Finančné trhy sú neoddeliteľnou súčasťou ekonomického systému. Sú miestom, kde sa obchoduje s dočasne voľnými prostriedkami, ktoré neboli použité na nákup tovaru a služieb alebo zaplatené za výrobné faktory, ktoré by inak boli nevyužitú. (REJNUŠ, 2014)

Z pohľadu ekonomickej teórie je možné finančný trh klasifikovať podľa rôznych hľadísk, najčastejšie však jeho členenie vychádza z charakteru nástrojov, s ktorými sa na ňom obchoduje a z časového aspektu na prerozdelenie peňažných prostriedkov. Z tohto pohľadu možno finančný trh rozdeliť na dve základné časti: **peňažný trh** a **kapitálový trh**. Medzi ďalšie segmenty finančného trhu patria **trh s cudzími menami** a **trh drahých kovov**. V nadväznosti na členenie peňažného a kapitálového trhu možno rozlíšiť na trhy krátkodobých a dlhodobých úverov a trhy krátkodobých a dlhodobých cenných papierov, ktoré dohromady tvoria trh cenných papierov. (MELUZÍN, ZINECKER, 2006)



Obrázok 2-6: Základné rozdelenie finančného trhu  
Prerobené zo zdroju (REJNUŠ, 2014, str. 61)

#### 2.4.1 Trh s cudzími menami

Jedná sa o peniaze pochádzajúce zo zahraničia (v zmysle mimo územia, kde sa používajú ako domáca mena), preto majú v tuzemsku iný status a vlastnosti, ako domáca mena, čo vysvetľuje separované zaradenie týchto trhov v rámci finančného trhu.

Trh s cudzími menami sa rozdeľuje na dva základné segmenty:

- **Trhy devízové** - trhy s bezhotovostnými formami cudzích mien (predovšetkým peňazí na účtoch, zmeniek a šekov, atď.), na ktorých dochádza ku vzájomnej výmene rôznych konvertibilných mien. Najvýznamnejšími subjektmi na týchto trhoch sú dealeri centrálnych bánk, investičných fondov a brokeri (sprostredkovatelia devízových operácií). Kurzy mien sú tvorené na devízovom trhu klasickým spôsobom ponuky a dopytu.
- **Trhy valutové** - Charakteristická hotovostná forma cudzích mien. Klientsku formou tohto trhu môže byť aj zmenáreň, ktorá je voľne prístupná každému, kto chce obchodovať s valutami. Hotovostné cudzie meny sa obchodujú za valutové kurzy, ktoré sa odvodzujú od kurzov devízových pripočítaním nákladov vznikajúcich z operáciami s hotovosťou.

Trh cudzích mien je napríklad FOREX (Foreign Exchange market - trh cudzích mien) je najväčším a tiež najlikvidnejším finančným trhom na svete (FXstreet, 2015) s celkovým denným obratom cez 5 biliónov amerických dolárov a ich ekvivalentov



(BANK F.I.S., 2013). Na rozdiel od väčšiny finančných trhov je Forex decentralizovaný, rozprestretý vďaka ICT po celom svete. To umožňuje obchodovať 24 hodín denne podľa toho, ako sa posúva denná doba naprieč časovými pásmami.

#### **2.4.2 Trh drahých kovov**

Podľa českej legislatívy a slovenskej legislatívy drahým kovom sa rozumie zlato, striebro, platina, paládium, irídium, ródium, ruténium a osmium. (Zákon č. 539/1992 Sb.; Zbierka zákonov č. 94/2013)

Zaradenie trhu drahých kovov medzi finančné trhy je dôvodom, lebo tieto kovy nepatria medzi bežné komodity (trh tovarov a služieb), najmä zlato a striebro ktoré historicky plnili funkciu uchovávateľa hodnoty (funkciu peňazí). S drahými kovmi sa obchoduje ako s komoditou vo svete a na burzách. Svetová cena drahých kovov je základná, udávaná v dolároch za trójsku uncu (USD / oz). Svetová cena drahého kovu za trójsku uncu sa potom môže prepočítať na cenu za gram na menu inú ako US dolár (1 trójska unca [oz] = 31,1034768 g).

#### **2.4.3 Peňažný trh**

Peňažný trh je predovšetkým miestom, kde sa stretávajú subjekty s dočasným prebytkom peňažných prostriedkov so subjektmi, ktoré vzhľadom na ich prechodný nedostatok peňazí tieto peňažné prostriedky hľadajú.

Peňažný trh sa delí na dve primárne skupiny finančných nástrojov a to na trh krátkodobých úverov a trh krátkodobých cenných papierov, ktoré disponujú spoločnou vlastnosťou, a to je krátka doba ich splatnosti, spravidla nepresahujúca horizont jedného roka (ČERNOHORSKÝ, TEPLÝ, 2011).

Najviac významnou funkciou peňažného trhu je financovanie prevádzkového kapitálu podnikov a poskytovanie krátkodobých peňažných úverov či pôžičiek ako domácnostiam, tak aj vládám príslušných štátov. (MELUZÍN, ZINECKER, 2009)

#### **2.4.4 Kapitálový trh**

Kapitálový trh predstavuje podsystém finančného trhu, slúži pre obchodovanie finančných instrumentov, ktoré majú z časového hľadiska dlhodobú povahu. Finančné nástroje kapitálového trhu majú dobu splatnosti dlhšiu ako jeden rok (ČERNOHORSKÝ,

TEPLÝ, 2011), prípadne nemajú stanovenú splatnosť vôbec (MELUZÍN, ZINECKER, 2009).

Na Kapitálovom trhu dochádza k stretu ponuky a dopytu po kapitáli, ktorý má dlhodobý charakter, čo znamená dlhšiu splatnosť. Ku zmene kapitálu dochádza prostredníctvom cenných papierov a ich derivátov. Emitenti (štátne a verejné inštitúcie, finančné inštitúcie a podniky) vydávajú cenné papiere a ponúkajú ich na predaj a týmto spôsobom získavajú zdroje na financovanie vlastnej činnosti. Cenné papiere zase kupujú investori (banky, podielové alebo dôchodkové fondy, poisťovne, právnické a fyzické osoby), ktoré týmto spôsobom zhodnocujú svoje voľné peňažné prostriedky.

#### **2.4.5 Trh cenných papierov**

Jedná sa o časť finančného trhu, ktorá v sebe zahŕňa časť peňažného trhu a časť kapitálového trhu. Z právneho hľadiska sú za cenné papiere považované len legislatívou definované "právne dokumenty", ktoré sú za cenné papiere vyhlásené zákonmi jednotlivých štátov. Česká legislatíva v novom obchodnom zákonníku definuje cenný papier nasledujúcim spôsobom:

*„Cenný papír je listina, se kterou je právo spojeno takovým způsobem, že je po vydání cenného papíru nelze bez této listiny uplatnit ani převést.“* (Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník §514 ze dne 3. února 2012)

Táto definícia popisuje obecnú funkcionálnosť cenných papierov, však starší zákon (Zákon č. 591/1992 Sb., o cenných papírech §1 ze dne 20. listopadu 1992), ktorý bol zrušený k 1.1.2014, s účinnosťou zákona č. 89/2012 Sb., nového občanského zákoníku, ktorý vymenoval a definoval jednotlivé cenné papiere nasledovne:

*„(1) Tento zákon se vztahuje na cenné papíry, kterými jsou zejména akcie, zájmové listy, poukázky na akcie, podílové listy, dluhopisy, investiční kupóny, kupóny (§ 12), opční listy, směnky, šeky, náložné listy, skladištní listy a zemědělské skladní listy.*

*(2) Na cenné papíry se vztahují ustanovení o věcech movitých, nestanoví-li tento zákon nebo zvláštní právní předpis jinak.*

*(3) Zahraniční cenný papír je cenný papír vydaný v zahraničí, nestanoví-li zvláštní právní předpis jinak.“*

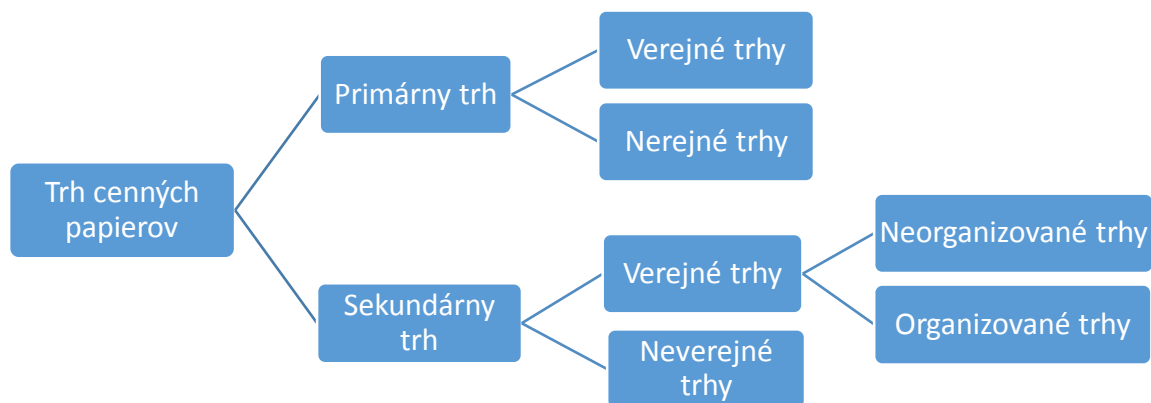
Podľa druhu emisie cenných papierov sa kapitálový trh môže deliť na segmenty: (SEKERKA, 1996; REJNUŠ, 2014)

- **Primárne** - predávajú práve emitované cenné papiere svojim prvým majiteľom, a to buď verejnou alebo neverejnou ponukou.
  - **Verejný trh** – emisia je ponúkaná buď najprv sprostredkovateľovi (primárny trh uvedú vo forme IPO), ktorý ju až potom ponúkne verejnosti, alebo je ponúknutá verejnosti priamo.
  - **Neverejný trh** - emisie cenných papierov sú ponúknuté len vopred určeným záujemcom.
- **Sekundárny trh** - predávajú a nakupujú sa už vydané (emitované) cenné papiere za trhové ceny. Dlhodobé cenné papiere sa môžu na sekundárnych trhoch nakúpiť a predat' mnohokrát, zatiaľ čo na trhu primárnom iba raz.

Trhy pre verejnú ponuku sa ďalej delia na: (REJNUŠ, 2013)

**Organizované trhy** - sú väčšinou reprezentované burzami (v ČR Burzy cenných papírů Praha, a. s.) alebo licencovanými mimoburzovými organizátormi verejného trhu (napríklad RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů, a.s.). Tieto trhy sú spravidla silne regulované zákonodarstvom jednotlivých krajín, obchoduje sa iba s časťou obiehajúcich cenných papierov. Burza je vo svete považovaná za inštitúciu vrcholovú. Medzi známejšie a významné svetové burzy patrí napríklad New York Stock Exchange (NYSE) a najznámejšou mimoburzovou inštitúciou je napríklad americký NASDAQ.

**Neorganizované trhy** - kam spadajú tí obchodníci s cennými papiermi alebo legítimne profesionálne inštitúcie, ktorí daný obchod cennými papiermi môžu sprostredkovať alebo obchodovať z vlastného portfólia so záujemcami o nákup alebo predaj cenných papierov. Tento druh obchodov sa niekedy označuje ako OTC trhy (over the counter markets) tzv. „obchody cez prepážku“.



Obrázok 2-7: Štruktúra trhu cenných papierov  
Prerobené zo zdroju (REJNUŠ, 2014, str.65)

#### 2.4.6 Burzy a regulované organizované trhy

Burzy z právneho hľadiska sú organizované regulované trhy, taktiež označené v Českej republike ako „organizátor regulovaného trhu“ vid' zákon „Zákon č. 256/2004 Sb., o podnikání na kapitálovém trhu“ § 37. Ďalej tento zákon zahŕňa povolenie k činnosti organizátora regulovaného trhu vid' § 38 a ostatné pravidlá fungovania búrz a podmienky obchodovanie na burzách § 39 až § 63.

I keď v našej krajine sa burza nepresadila dominanciou na finančnom trhu vo vyspelých krajinách burzy sú neoddeliteľnou súčasťou tržného prostredia. Burzy agregujú vopred neobmedzenú verejnú ponuku a dopyt cenných papierov, párujú vzájomne si odpovedajúce obchodné príkazy, čím umožňujú vznik tržných cien, ktoré sa v týchto prípadoch označujú ako "kurzy" (REJNUŠ, 2014, str. 123). Ich činnosť prispieva k formovaniu cenového systému finančných a reálnych investičných inštrumentov a k tvorbe trhových cien inštrumentov s ktorými sa na nej obchoduje, a tak celkovo zvyšujú likviditu tohto trhu.

Burzy sa dajú triediť z viacerých pohľadov, napríklad burzy podľa veľkosti a významnosti. Čím je burza väčšia, počet uskutočnených obchodov je väčší a spravidla je tým aj významnejšia. Členenie podľa predmetného zamerania ich činností, a to členenie čím sa na nich obchoduje. Ďalšie členenie je možné zase z časového hľadiska vyrovnania uzavretých obchodov.

Delenie búrz z hľadiska predmetu činnosti:

- **Burzy cenných papierov** – „kvalita“ cenných papierov a objem uzavretých obchodov úzko súvisí na veľkosti a významnosti burzy.

- **Burzy devízové** – finančné inštitúcie tu sprostredkujú rozsiahle nákupy a predaje jednotlivých mien.
- **Burzy komoditné** – sem patria iba komoditné burzy obchodujúce s drahými kovmi. Z povahy komodít vyplýva, že väčšina komoditných búrz nepatrí do finančného trhu.

Delenie búrz z hľadiska predmetu:

- **Burzy promptné** (spotové) – priebeh uzavretia obchodov trvá relatívne krátku dobu (max niekoľko dní), z toho vyplýva že na týchto burzách obchodujú tí ktorí si naozaj chcú cenné papiere kúpiť alebo predat’.
- **Burzy termínované** (derivátové) – kontrakty, ktorých skutočné vysporiadanie sa uskutoční so značným časovým odstupom. Tieto burzy sa dajú ďalej rozčleniť na:
  - Obchodujúce s termínovanými kontraktami typu „futures“ – pevné termínované obchody.
  - Opčné (podmienené termínované obchody) – možný odstup od kontraktu.

Najvýznamnejšie burzy súčasnosti podľa obchodovaných druhov investičných inštrumentov sú považované predovšetkým burzy cenných papierov (najmä burzy akciové), ďalej potom burzy komoditné.

## 2.5 Akcie ako druh cenného papiera

Keďže časť tejto práce sa zameriava na predikciu akciových trendov, táto kapitola vysvetľuje obchodovanie s konkrétnym finančným inštrumentom a to sú akcie. Aby akcie vôbec vznikli musia byť najskôr emitované nejakou spoločnosťou. Podľa podmienok emisie sa dajú deliť do kategórií, viď kapitolu 2.4.5. Spoločnosť, ktorá emituje akcie sa nazýva emitent cenných papierov a vstupuje do systému akciového trhu. V tomto prípade emitent pôsobí na vstup systému akciového trhu tým, že vydáva do obehu svoje akcie. Ďalšie entity v tomto systéme sú investori, ktorí transformujú akcie na vlastnícke práva výmenou za finančné jednotky. Akcie potom predstavujú listinnú (alebo možno aj elektronickú) formu zákonného podielu na majetku spoločnosti, ktorá akciu emitovala. To že akciová spoločnosť aké podmienky musí spĺňať, ďalej pokyny pri emitovaní akcií, povinnosť zdieľania podnikových informácií a formu akciového cenného papiera spravujú legislatívne zákony danej krajiny.

Z pohľadu novoupravenej českej legislatívy platnej od 1. 1. 2014 sú akcie cenný papier podľa zákona „Zákon o obchodních korporacích. Část I. Hlava V. Díl 3, § 259“

(1) Akcie obsahuje:

- a) označení, že jde o akcii,
- b) jednoznačnou identifikaci společnosti,
- c) jmenovitou hodnotu,
- d) označení formy akcie, ledaže akcie byla vydána jako zaknihovaný cenný papír,
- e) u akcie na jméno jednoznačnou identifikaci akcionáře a
- f) údaje o druhu akcie, popřípadě i s odkazem na stanovy.

(2) Kmenové akcie nemusí obsahovat údaje o druhu. Kusová akcie musí obsahovat označení „kusová akcie“.

Ďalej podľa nasledujúceho zákona § 260:

„(1) Akcie obsahuje i číselné označení a podpis člena nebo členů představenstva. Podpis může být nahrazen jeho otiskem, pokud jsou na listině současně použity ochranné prvky proti jejímu padělení nebo pozměnění.

(2) Je-li akcie vydána jako zaknihovaný cenný papír, postačí, že údaje uvedené v § 259 jsou zjistitelné z evidence zaknihovaných cenných papírů. Číselné označení zaknihované akcie se vyžaduje jen v případech, kdy tak pro tyto akcie stanoví tento zákon.“

Úprava nového občianskeho zákonníka už nerozlišuje podobu cenného papiera. Cenným papierom je len ten, ktorý je listinou. Zaknihované cenné papiere sú veci, pri ktorých je cenný papier nahradený zápisom do evidencie (nový občanský zákoník: Zákon č. 89/2012 Sb. § 526, § 527, § 528) a prevádzajú sa zmenou zápisu v tejto evidencii. Ustanovenia o cenných papieroch sa na ne uplatňujú vtedy, ak to nevylučuje ich povaha, „nový občanský zákoník“ alebo iný právny predpis. (občanský zákoník: Zákon č. 89/2012 Sb. § 525)

Podľa prevoditeľnosti možno akcie deliť na akcie:

- Na doručiteľa - prevod jednoduchým odovzdaním novému majiteľovi.
- Na meno - obsahujúci meno osoby k nemu oprávnenej, nie sú prevoditeľné rubopisom a preto zmena k nim oprávnenej osoby je uskutočniteľná výhradne občianskoprávnym spôsobom. Výnimku tvoria zákonné ordre papiere.
- Na radové (ordre papíry) - s možnosťou prevodu rubopisom.

Podľa druhu akcie (delenie podľa postavenia akcionárov a príslušná česká legislatíva):

**kmeňové akcie** (Zákon o obchodných korporáciách § 276 odst. 1)

Všeobecne spojené práva z vlastníctva týchto akcií je, že akcionár má právo na:

- zúčastniť sa na valných hromadách spoločnosti, prejsť svoje návrhy a pri hlasovaní uplatniť hlas s váhou úmernou počtom vlastnených akcií.
- na odpovedajúci podiel zo zisku spoločnosti (právo na dividendy).
- na odpovedajúci podiel na likvidačnom zostatku spoločnosti.

- **Prioritné akcie** (Zákon o obchodných korporáciách § 278 – 280) -

Kombinujú vlastnosti kmeňových akcií s niektorými vlastnosťami obligácií. Väčšinou sa jedná o akcie bez hlasových práv výmenou za iné výhody (napríklad: nárok na vopred určenú dividendu).

- **Akcie so zvláštnymi právami** (Zákon o obchodných korporáciách § 276 odst. 3 a § 277)

### 2.5.1 Obchodovanie s akciami a burzové obchodovanie

Obchodovať na burzách môžu iba členovia burzy, ktorými sú v prvom rade obchodníci s cennými papiermi a finančné inštitúcie (napr. banky). Ak chce investor obchodovať na burze, musí sa obrátiť na člena burzy. Daný člen burzy potom sprostredkovane zaistí prístup na burzu investorovi, a to za dané podmienky. Investor podáva pokyny k nákupu a predaju členovi burzy, ten potom vystupuje ako **broker** (obchoduje vlastným menom na cudzí účet, teda za prijatý objem obchodu a províziu za vykonaný požadovaný pokyn) alebo vystupuje ako **dealer** (obchoduje aj na vlastný účet, tým pádom môže niektoré pokyny vykonať sám vo svojej evidencii, čím môže realizovať zisk z rozdielu medzi nákupnou a predajnou cenou (spread)).

**Príklad** na nákup cenného papiera: člen burzy, prostredníctvom ktorého investor uzatvára burzové obchody pri kúpe cenného papiera zablokuje investorovi potrebné množstvo peňažných prostriedkov, na burze zaistí formálne náležitosti a daný počet cenných papierov, potom odovzdá pokyn burze na spracovanie. Ak sa podarí príkazy spárovať, burza ho v danom časovom intervale vysporiada. Vzniknuté oneskorenie je dôsledok toho, že sa musia vyrovnáť rozdiely medzi jednotlivými členmi burzy. Burzy ako typ regulovaného trhu s cennými papiermi sú trhy, pri ktorých všetky jej činnosti

musia spĺňať na ne sa vzťahujúcu legislatívu danej krajiny. Táto činnosť je náročná na kontrolu a čas. Potom sú na účet klienta pripísané cenné papiere, respektíve peňažné prostriedky či záväzky.

**Príklad** na predaj zahraničných cenných papierov, ktoré sú vedené na majetkovom účte u zahraničného depozitára: Obchodník, ktorý investorovi spravuje majetkový účet u príslušného zahraničného depozitára, zadá príkaz na prevod predaných cenných papierov z účtu vedeného u tohto zahraničného depozitára na investorov účet vedený v CDCP<sup>2</sup> a zároveň člen burzy, prostredníctvom ktorého investor uzatvára burzové obchody, zadá v CDCP príkaz na pripísanie predávaných cenných papierov na investorov účet vedený v CDCP. Oba príkazy sú "spárované" a CDCP si od príslušného zahraničného depozitára prevezme predávané CP. Za prevody cenných papierov medzi depozitármi platia účastníci poplatky podľa príslušného cenníka.

Tržná hodnota a vývoj kurzov akcií sa dajú charakterizovať časovými radmi. Pre túto tematickú oblasť je venovaná zvlášť kapitola vid' kapitolu 2.6 **Grafická analýza vývoja akciových kurzov**.

### 2.5.2 Investor a vlastníenie akcií

Investorovi z vlastníenia akcie môžu plynúť 2 formy výnosu, a to **dôchodok** (najčastejšie vo forme dividendy, závislá od dividendovej politiky danej spoločnosti) a **kapitálový zisk**, či strata vďaka pohybu kurzov akcií. Racionálne uvažovanie predpokladá, že každý investor sa snaží získať čo najväčší výnos zo svojich investícií. K tomu im napomáhajú rôzne analytické prístupy, ktoré sa snažia vysvetliť vývoj akciových kurzov, predpovedať ich pohyb do budúcnosti, či poskytnúť investorovi správny okamih na nákup, respektíve predaji inštrumentu. Počas histórie sa vyvinuli 3 hlavné prístupy k oceňovaniu akciových inštrumentov:

- Fundamentálna analýza
- Psychologická analýza
- Technická analýza

---

<sup>2</sup> CDCP- Existencia majetkového účtu v Centrálnom Depozitári Cenných Papierov



### 2.5.3 Fundamentálna analýza

Je to komplexná analýza založená na predpoklade, že vnútorná hodnota akcie je rozdielna od jej tržnej ceny. Z toho vyplýva že môžu nastať dva rozdiely, a to podhodnotenie (vnútorná hodnota akcie je nižšia ako je jej tržný kurz) a nadhodnotenie (vnútorná hodnota akcie je väčšia ako je jej tržný kurz) ceny akcií. Na základe tejto analýzy sa potom dá rozhodnúť, či danú akciu kúpiť alebo nie a kedy ju predat'.

Fundamentálna analýza hľadá skutočnosti, ktoré vyvolávajú pohyby akciových kurzov. Samotná analýza sa môže spracovávať na rôznych úrovniach: globálna makroekonomická analýza, analýza mikroekonomická alebo daného odborového odvetvia a analýza samotnej akciovej spoločnosti. Zistené faktory potom vedú k zníženiu či zvýšeniu ceny akcií.

Pre výpočet sa používajú nasledujúce modely (REJNUŠ, 2014, str. 249):

- Dividendové diskontné modely.
- Ziskové modely.
- Bilančnej modely.
- Finančná analýza podniku.
- Ostatné možné.

### 2.5.4 Psychologická analýza

Založená na predpoklade, že akciové trhy sú pod vplyvom masovej psychológie burzového publika a že investori sú ovplyvnení emóciami pri rozhodovaní. Predmetom skúmania nie je cenný papier, ale správanie a zmýšľanie samotného burzového publika (davová psychóza). Jedinec pri investíciách je často ovplyvnený davom, či citovými pohnútkami a nemusí vždy konať racionálne. Táto analýza skúma budúci vývoj akcií na behaviorálnych impulzoch, ktoré ovplyvňujú chovanie davu k nákupu alebo predaju na burzách.

V informačnej dobe sa správy vedú rýchlo šíriť cez médiá a internet, práve táto činnosť vie dať tejto analýze veľké možnosti. Správy informačných zdrojov vedú ako informovať tak aj umožňovať špekulantom dezinformovať dané publikum.

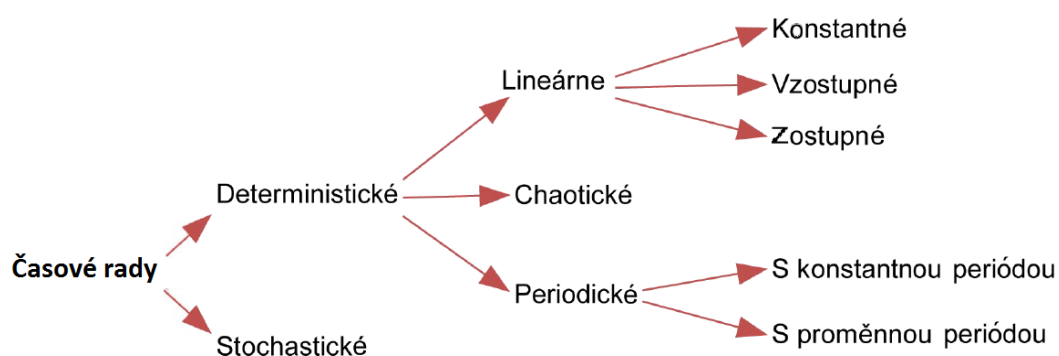
### 2.5.5 Technická analýza

Technická analýza počíta s faktom, že trh diskontuje všetky informácie a kurzy sa vyvíjajú v trendoch. Jednak analyzuje historický vývoj akcií, zvlášť dôležité sú najmä minulé pohyby kurzov a objemy obchodov, následne z týchto faktov čerpá táto analýza za účelom na predpoveď budúceho vývoja kurzov akcií, ktoré investorovi poskytnú odpoveď na otázku, kedy je najvhodnejšie vstupovať do pozície nákupu alebo predaja (timing - časovanie trhu).

Technická analýza sa opiera o vedecké teórie a o celú radu empiricky preukázateľných poznatkov. Z nich nasledovne vychádza mnoho možných analytických metód. Niektoré tieto metódy technickej analýzy sú aj predmetom vlastného riešenia tejto práce a to konkrétne predikcia kurzu akcií pomocou neurónov sietí.

## 2.6 Časové rady

Časové rady predstavuje vektor (sekvenciu) numerických hodnôt zoradených a indexovaných v čase. Inými slovami povedané nejaké hodnoty v čase. Pre časové rady je veľmi dôležitá perióda vzorkovania, ktorá môže nadobúdať rôzne hodnoty (týždeň, deň, hodiny, sekundy, atď.). Pre lepšie pochopenie sú tieto intervaly spravidla rovnomerné a vynesené do grafu s príslušnými hodnotami.



Obrázok 2-8: Zložky časových rad

Zdroj: (DOSTÁL, RAIS, SOJKA, 2005)

Analýzy časových radov na burzách slúžia pre lepšie porozumenie základných princípov, vzťahov okolitých informácií k trhovej cene (kurzu) a následné predpovedanie budúceho vývoja kurzu za účelom zvýšenia pravdepodobnosti zisku z obchodu a vyhnúť sa nesprávnym záverom poprípade zlej predikcii.

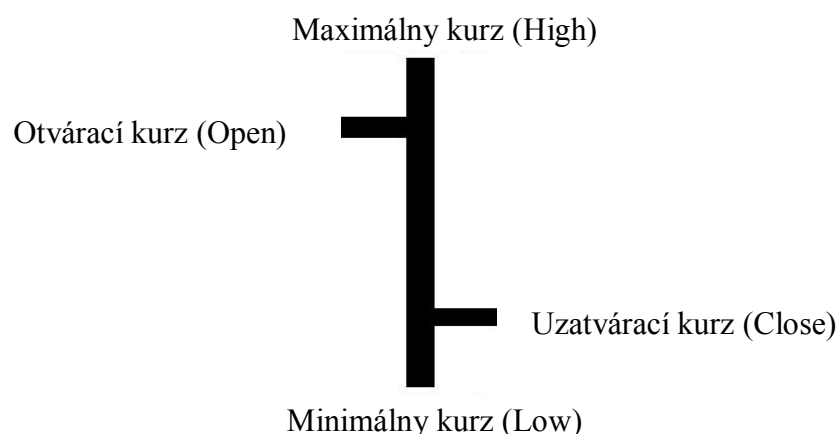
### 2.6.1 Grafická analýza vývoja akciových kurzov

Vývoj kurzov akcií sa dá charakterizovať časovými radmi. Pre znázornenie väčšieho množstva informácií, ako sú napríklad zmena kurzov, objem obchodu atď. sa vyvinuli viaceré grafické analýzy a metódy (tzv. charting, (REJNUŠ, 2014, str. 310)). Každý typ je niečím špecifický, spoločné však zväčša majú to že na vodorovnej osi majú lineárne znázornený čas. Informácia, ktorá sa na jeden graf nezmestí sa spravidla dopĺňa do ďalšieho logicky prepojeného grafu (napr. objem obchodov). V množine týchto grafov za základné klasické grafy sú považované:

**Čiarové líniové grafy** - sú najjednoduchším typom technickej analýzy. Vývoj kurzov počas obchodného dňa, či dlhšieho časového intervalu sa potom charakterizuje na zvislej osi hodnotu indexu (spravidla uzatvárací kurz) a na vodorovnej osi čas jeho vzniku.

**Čiarové stĺpcové grafy** – používajú sa pri kratšom časovom rozlíšení, keď investor potrebuje pri práci charakterizovať vývoj týchto kurzov aj s inými údajmi, ako sú napríklad: minimálny kurz (low), maximálny kurz (high), otvárací kurz (open) a zatvárací kurz (close) prípadne upravený zatvárací kurz (adjustedclose), ktorý zohľadňuje dividendy, štiepenie akcií, podiely pri zmene základného imania a podobne. Základné možnosti predstavujú OHLC graf a tzv. sviečkový graf..

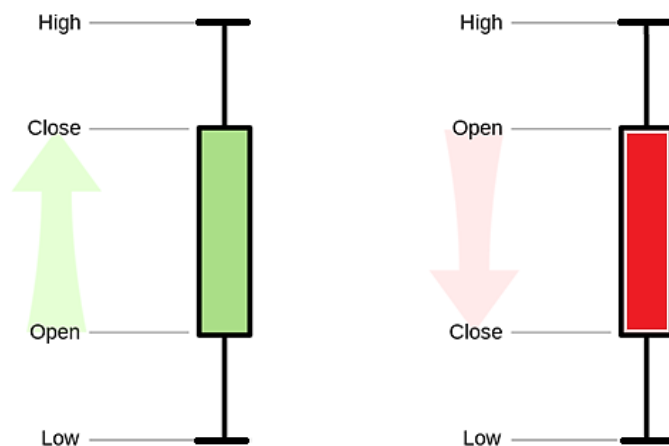
- **OHLC graf**– v angličtine nazývaný aj „bar chart“, kde každý bar je zobrazený vo forme čiarky, v ktorej sú uvedené hodnoty kurzov: O (open), H (high), L (low), C (close). Priebeh ceny je tu detailnejšie znázornený, a preto sa lepšie spozorujú trendy a cenové formácie, vid' obrázok nižšie.



Obrázok 2-9: Príklad na OHLC graf

Zdroj: vlastné spracovanie

- Sviečkový graf - v angličtine nazývaný „candlestick chart“. Názov vychádza z toho že pripomínajú sviečku a to tým, že daný časový interval (1 čiarka) má svoje telo a knôty. Low (minimálny kurz) a High (maximálny kurz) je rovnaký ako pri OHLC grafu, len vzdialenosť od open a close je znázornená ako širšia oblasť a farebne rozlíšená či daný kurz vzrástol či poklesol od otváracieho kurzu.



Obrázok 2-10: Príklad na candlestick graf pri zvýšení a znížení kurzu

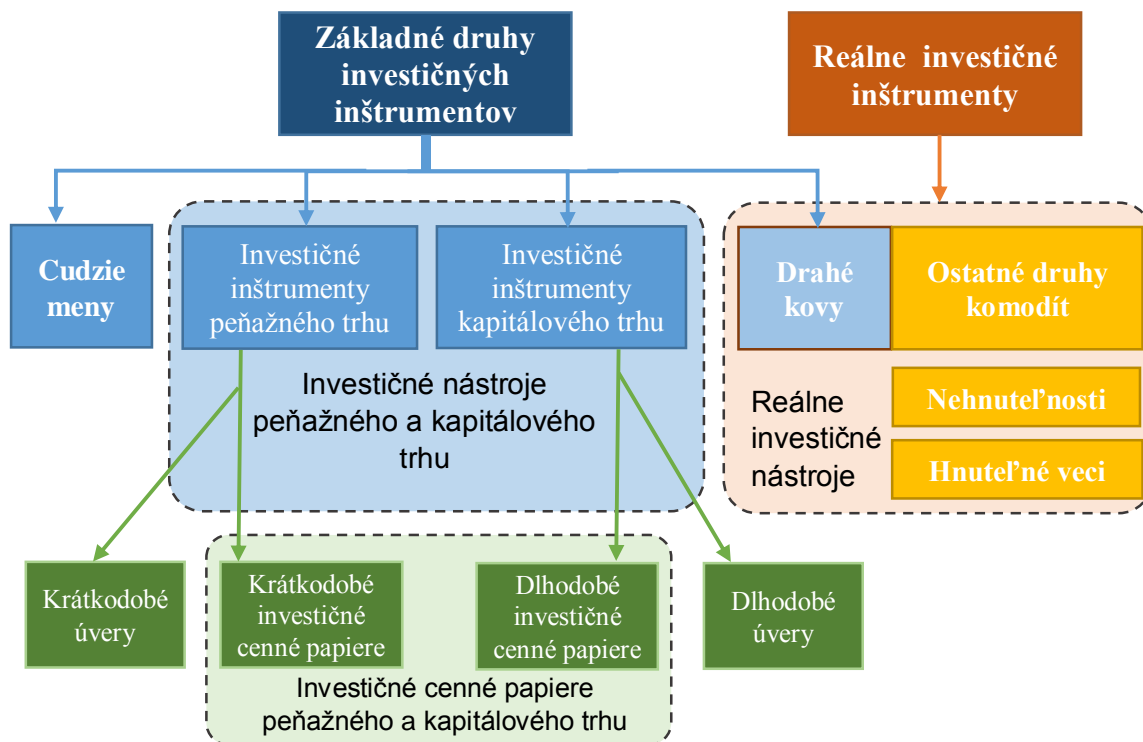
*Zdroj: vlastné spracovanie*

Veľa programov umožňuje viacero nastavení grafov a možností zobrazenia týchto informácií, zostáva už iba na používateľovi, ktorý typ si zvolí a ktorý je pre neho prehľadnejší.

### 3 Analýza súčasného stavu

V teoretickej časti bolo popísané východisko práce. Synergický efekt disciplín umelej inteligencie a finančného trhu otvára široké spektrum možností. Všetky pre návrh konkrétneho modelu sa najprv musí zúžiť spektrum, a to vychádzajúci z vedeckej teórie na špecifickú aplikáciu. Analýza sa zaostruje a argumentuje na dôvody zvoleného finančného inštrumentu. Na základe analýzy zvolených finančných inštrumentov sa potom definuje použitá metóda umelej inteligencie.

Na otázku kam investovať by ľudia odpovedali rôzne, každý má o tom vlastnú mienku, techniky investovania a investičných možností existujú tisíce. Za najvýznamnejšie druhy finančných investičných inštrumentov sa dajú považovať predovšetkým nástroje peňažného a kapitálového trhu, cudzie meny a drahé kovy.



Obrázok 3-1: Základné druhy investičných inštrumentov

Zdroj: (REJNUŠ, 2014, str. 220)

V praxi sa môžeme stretnúť vedľa týchto základných investičných inštrumentov aj ich nadstavbami, dokonca existujú aj investičné možnosti ktoré vôbec nemusia súvisieť s inštrumentami finančnými, skôr s nástrojmi reálnych inštrumentov (napr.: umelecké diela, starožitnosti, atď.). Všeobecne pre komplexný obraz na obchodovanie

s investičnými nástrojmi je využitie týkajúcich sa zásad nálad na trhu (psychologická analýza), technickej analýzy a fundamentálnej analýzy. Popis inštrumentov finančného trhu by presahoval kapacitu tejto práce, preto sa práca skôr pokúša zamerať na užšiu časť investičných inštrumentov a navrhnúť modely využitím umelej inteligencie. Voľba zvolených investičných inštrumentov je vysvetlená v nasledujúcich odsekoch pomocou argumentácie pre základ paradigmám.

Väčšina z nás ľudí chce dosiahnuť bohatstvo, zväčša sa bohatstvo meria z majetkového pohľadu. Zostáva otázkou pre každého pre koho je koľko dosť, však táto odpoveď je subjektívna pre každého jedinca. Niektorým stačí aj menej a niektorým ani nekonečno by nebolo dosť. Ten kto už niečo má chce väčšinou mať viac, alebo aspoň neprísť o to čo už má. Takto sa jedinec dostáva do pozície **investora**. Bezvýznamné úroky niektorých investičných inštrumentov (napr.: bežný účet, niektoré termínované vklady, atď.) nepresahujú ani mieru inflácie a nútia investorov využívať iné inštrumenty. Investori ktorí majú tendenciu riskovať sa môžu raz dva popáliť a prísť o svoje úspory. Ako príklad uvádzam slovenský krach nebankových spoločností BMG Invest a Horizont v roku 2002, ktoré poznačili život skoro 200 000 občanov Slovenskej republiky a spôsobili škodu vo výške desiatok miliárd slovenských korún. Alebo nedávny prípad Maďarskej brokerskej spoločnosti **Buda-Cash**, kde Národná banka Maďarska vo februári zastavila prevádzku spoločnosti a zastavila prevádzku ďalším 4 regionálnym bankám tejto spoločnosti. Dôvod bol ten, že zatiaľ spoločnosť nevie preukázať ani úrady nevedia zistiť kam zmizlo spoločnosti skoro 100 miliárd maďarských forintov z klientskych vkladov. Spoločnosti sa dostali do likvidačného procesu. Klienti spoločností nemajú prístup ku svojim úsporám, veľkou pravdepodobnosťou im vznikne značná škoda. Vyšetrovanie sa sotva začalo a podobné kauzy sa neriešia rýchlo. Kvôli tomuto škandálu vypukla panika na maďarskom finančnom trhu. Na Budapeštianskej burze padajú kurzy akcií firiem, ktoré mali s brokerskou spoločnosťou Buda-Cash čokoľvek spoločné. Ľudia zase začali vyberať peniaze z investičných spoločností. Kvôli nedostatočnej likvidite takto skrachovalo niekoľko spoločností, medzi nimi aj ďalší podvodník Quaestor Financial Hrudira, ktorý sa zaoberal hlavne emitovaním fiktívnych dlhopisov (ako sa zistilo v marci 2015) a takto narobil očakávanú škodu ďalších 200 miliárd forintov.

Vyššie uvedené spoločnosti „nachytali“ ako jednoduchých laikov, tak aj niektorých skúsených podnikateľov. Preto jedinec môže ostať skeptický (vplyv médií)

lebo sa nevyzná a má malú finančnú gramotnosť. Však tento skepticizmus môže byť prekročený s tým, čím sú si ľudia istí, oboznámený, alebo aspoň vedia o jej „stabilnej“ existencii na trhu. Preto sa táto práca pokúša navrhnúť model s možnosťou investovať do takých inštrumentov čím aj bežný investor je oboznámený a tak predísť odporu či skeptickému prístupu. Argument investora je ten, že to čo nepoznám to nekúpim, to čo nepoznám a núkajú aby som kúpil tak to určite má chyták a zneužijú moju nevedomosť. Pozitívnym prístupom investora sa aj ľahšie predáva daný investičný produkt.

### **3.1 Zdroje informácií a ich interpretácia investormi**

Na investorov sa rúti hromada informácií o možnostiach a zmenách na finančnom trhu. Analýza a vyhodnotenie týchto informácií je časovo a znalostne (to jest aj finančne) náročné a v našom čoraz rýchlejšom svete nezostáva priestor na hľadanie korelácií medzi týmito informáciami pre vytvorenie komplexného obrazu o budúcom vývoji trhu. Argument pre využitie technickej analýzy a jej výhod je, že analýza vychádza z predpokladu že rozhodujúce faktory sú tržná ponuka a dopyt, na základe ktorých sa na organizovaných trhoch tvoria kurzy. V nich sú obsiahnuté všetky informácie ako dostupné informácie (fundamentálne údaje), tak aj prípadný optimizmus alebo pesimizmus jednotlivých účastníkov obchodovania. Nezaujíma sa o cenovú úroveň a konkrétne príčiny kurzových zmien, ale skôr o predvídanie ich smeru a odhadovanie okamihu, v ktorých nastanú.

Zástupcovia fundamentálnej analýzy považujú technickú analýzu za obtiažnu a nie príliš spoľahlivú (niektorý ju degradujú až na úroveň veštenia a horoskopu). Jednoducho povedané fundamentálna analýza dáva investorom odpoveď na otázku s čím obchodovať a technická analýza stanovuje vhodné okamihy pre nákup a predaj.

Technológia súčasnej doby umožňuje online obchodovanie na svetovom finančnom trhu. Veľa spoločností podporuje túto možnosť online obchodovania. Online aplikácie sú dostupné ako na PC tak na smart-zariadenia. Základnou funkciou týchto aplikácií je informovať o aktuálnych kurzoch vybraných finančných nástrojov a umožňovať investorom kdekoľvek otvoriť a zavrieť obchod pričom sa upravuje ich konto používateľa. Práve v tomto informačnom veku hrá veľkú rolu rýchlosť prístupu informácií a rýchlosť reakcie investora.

Psychologická analýza naberá „grády“ lebo rýchle šírenie informácií a možnosť rýchlej reakcie investorov umožňuje pozorovať behaviorizmus trhu. Média a komunikačné kanály vplývajú na investorov ktorí sa základe týchto informácií rozhodujú o svojich investíciách. Možný návrh by mohol byť inteligentný systém na rozpoznávanie relevantných informácií napríklad aj v texte, však táto metóda by bola veľmi náročná lebo by bolo potrebné sledovať prepojenosť vplyvu komunikačného kanálu s investormi a rozpoznať indikátory v texte. Zo zistených indikátorov by sa dal posúdiť ich následok. Veľký problém takéhoto inteligentného systému je, že by ťažko interpretoval celý text, nerozoznal by sarkazmus, nepredpokladal by dezinformáciu špekulantov, trh, atď. Dobrý nápad by bol skôr modelovanie rozhodovania „šikovného“ investora. Jednalo by sa o modelovanie ľudskej znalosti.



## **3.2 Návrhy investičných inštrumentov**

Z argumentácií vyplýva že sa hľadá známa entita investičného inštrumentu, aby bola čo najviac lukratívna pre investorov a presvedčila aj „skeptikov“ trhu.

Podľa benchmarkovej spoločnosti ALEXA (2015) najviac navštevované stránky na webe sú stránky od spoločnosti Google a to Google.com. Všeobecne je známa vo viacerých krajinách zo svojej stránky pre multinacionálny webový vyhľadávač google.(doména) a jeho populárny internetový prehliadač Chrome. Vedľa toho sa môže pýšiť so svojím operačným systémom Android. Skoro 80% smartphonov beží na báze operačného systému Android (STATISTA, 2015). Okrem toho Google so svojimi online službami a firemnou kultúrou všeobecne získava veľkú popularitu.

Z reálnych investičných inštrumentov sa z bežných komodít vyčlenili zvlášť drahé kovy do finančného trhu. Dôvod, prečo tieto kovy nepatria medzi bežné komodity je, že najmä zlato a striebro historicky plnilo viaceré funkcie. Od čias faraónov cez „zlaté horúčky“ až po moderných ľudí vábia tieto cenné kovy ľudí a oslepujú ich predpokladom bohatstva. Ich limitovaná ponuka a „nekonečný“ dopyt ich robia cennými. Mnoho ľudí ich nosí aj na viditeľnom mieste vo forme šperkov aby ukázali, že na to majú. Zlato je schopné plniť všetky tri základné funkcie, ktoré plnia aj novodobé peniaze - je to uchovávateľ hodnoty (aktívum), prostriedok výmeny a účtovná jednotka. Dopyt po zlate vytvára aj priemysel kvôli jej dobrej elektrickej vodivosti a chemickým vlastnostiam. Preto zlato je dobre známe ako v histórii tak aj v súčasnosti.

### **3.2.1 Zvolené investičné inštrumenty**

- Trh cenných kovov a to konkrétne komodita zlato.
- Trh cenných papierov a to konkrétne akcie spoločnosti Google.

### 3.3 Zlato

Podľa českej legislatívy a slovenskej legislatívy patrí do skupiny drahých kovov (Zákon č. 539/1992 Sb.; Zbierka zákonov č. 94/2013). Drahé kovy všeobecne majú charakter ako dlhodobo stále, vysoko cenené vybrané druhy komodít obsahujúcich v malých objemoch značnú hodnotou. Z toho vyplýva, že ich vlastníctvo neprináša žiadne bežné výnosy, takže ich nákupom sa dá špekulovať iba na budúcom raste tržných cien, alebo na kapitálovom výnose (REJNUŠ, 2014, str. 222). Výhoda zlata oproti niektorým komoditám je, že nemá dátum spotreby a nekazí sa jej kvalita v čase, má dobré oxidačné vlastnosti (chemická odolnosť). Je držiteľom hodnoty „nekonečnej životnosti“. Zlato sa dá štiepiť do menších kusov a znovu spojiť s tavením, dajú sa z neho vytvárať zliatiny s ostatnými kovmi a tavením znovu zvýšiť jeho koncentráciu. Táto vlastnosť ju robí „likvidnou“ komoditu (napríklad oproti drahým kameňom, ktoré s týmito vlastnosťami nedisponujú).

Zlato je chemický prvok so značkou **Au** (latinsky "aurum") a protónovým číslom **79**. Je to vzácny kov s množstvom unikátnych vlastností. Na rozdiel od iných kovov je chemicky veľmi stabilný. Zlato sa nerozpúšťa v „jednoduchých“ kyselinách, je rozpustné výhradne iba chlóróm - lúčavkou kráľovskou (zmes kyseliny chlorovodíkovej a dusičnej), kyanidmi, ortuťou, kyselinou selénovou, humínovými kyselinami. Výborne vedie teplo i elektrický prúd. Vyniká ťažnosťou, kujnosťou a možnosťou valcovania na extra tenké vrstvy. Rýdze zlato je mäkké, ale veľmi ťažké. Jeho hustota je  $19,3 \text{ g/cm}^3$ , patrí medzi kovy s vysokou hustotou (má skoro dvakrát vyššiu hustotu než je hustota olova). Kryštály zlata tvoria kocky alebo oktaédre, vyskytujú sa však veľmi zriedkavo. So zlatom sa stretávame skôr v podobe zrníek, šupiniek, nugetov alebo dendritov. Jeho žiarivá, výrazne žltá farba je dobre rozoznateľná. U zlata, resp. zlatých zliatin, sa meria jeho rýdzosť (čistota). 1 karát znamená 1/24 zlata v zliatine, čiže 12 karátová zliatina bude obsahovať až 50 % zlata a 24 karátové zlato je zlato rýdze.

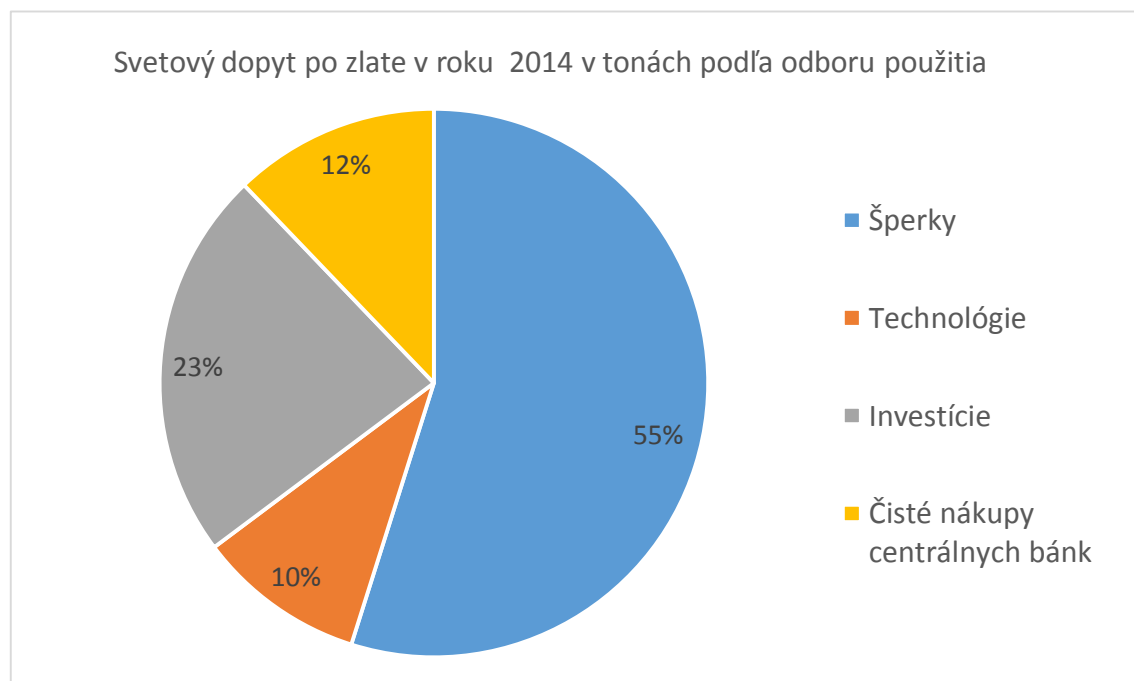
#### 3.3.1 Ponuka zlata dopyt po tejto komodite

Zlato sa nachádza všade na svete od pevniny až po morské vody, dokonca aj v ľudskom tele. Jeho koncentrácie a formy sú však skutočne rozmanité. Koncentrácia zlata v zemskej v kôre predstavuje 0,0011 ppm (parts per million) a je 72 v poradí vo frekvencii výskytu elementov (BARBALACE, 2015). Na svete bolo doposiaľ vydolovaných necelých 200

tisíc ton zlata, pričom najväčšiu ťažbu zlata predstavuje posledných 50 rokov (STRUŽ, STUDÝNKA, 2005, str. 280). Ťažba zlata však bude časom stále drahšia, lebo pri jeho dobývaní sa budú musieť využívať stále modernejšie technológie. Všetok zlato, ktoré bolo doteraz na svete vytŕažené, by zaplnilo kocku s hranou cca. 21 metrov.

Celosvetové zásoby zlata sa v súčasnosti odhadujú na približne 100 tisíc ton rozložených v zhruba 900 doloch. Ročná ťažba zlata za posledných 10 rokov rástla, dopyt po nej je však vyšší, cca. 4 tisíc ton ročne. Rozdiel medzi dopytom po zlato a ponukou novo vytŕaženého zlata je preto doplnený práve zlatom recyklovaným či pretaveným. Odhaduje sa, že až okolo 90% vytŕaženého zlata zostáva v obehu. (FABOZZI a kol., 2008, str. 697) Ďalšie možnosti sú tiež z predaja zlatých zásob centrálnymi bankami. Predaj zlatých zásob centrálnymi bankami sa začala v strede 80 rokov až po rok 2009, pričom niekedy dosahoval až 15 percent z ročnej ponuky zlata. V súčasnosti predávanie zásob zlata už nie je kladná, skôr je záporná, lebo viac sa nakúpi ako rozpredá. Zhruba štvrtina zatiaľ vytŕaženého zlata je práve v aktívach centrálnych bánk sveta.

Najväčší odberatelia zlata v priemere posledných 3 rokov vzostupnom poradí sú krajiny India, Čína, USA a Turecko. Nasledujúci graf udáva percentuálny podiel jednotlivých zložiek, ktoré tvoria dopyt po zlato. Jedná sa o hodnoty z roku 2014 (v minulých rokoch bolo toto rozloženie veľmi podobné).



Obrázok 3-2: Svetový dopyt po zlato v roku 2014 v tonách podľa odboru

Vlastné spracovanie podľa zdrojov dát: Tabuľka 3.1

Nasledujúca tabuľka ukazuje dopyt po zlate posledných rokov v tonách.

Rok	2013	2014	Zmena %	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q2	2014 Q4
<b>Šperky</b>	2 384,6	2 152,9	1	564,1	494,3	519,5	575,0
<b>Technológie</b>	Σ 408,2	Σ 389,0	-3	96,1	99,8	97,6	95,5
Elektronika	279,1	267,3	-2	65,4	69,0	67,0	65,9
Ostatný priemysel	92,8	87,5	-3	22,1	22,0	22,2	21,3
Zubné lekárstvo	36,3	34,2	-7	8,6	8,9	8,4	8,3
<b>Investície</b>	Σ 885,4	Σ 904,6	10	279,4	224,8	202,5	198,0
<b>Totálny dopyt po tehál a minci</b>	Σ 1 765,4	Σ 1 063,6	-22	281,9	263,5	235,4	282,8
Fyzická dopyt tehál	1,385,0	807,8	-25	222,6	203,0	178,1	204,1
Oficiálne mince	276,6	178,5	-18	45,2	43,5	32,8	56,9
Medaily / imitácia mincí	103,8	77,4	16	14,1	17,0	24,5	21,8
<b>ETF a podobné produkty<sup>3</sup></b>	-880,0	-159,1	-	-2,6	-38,7	-32,9	-84,9
<b>Čisté nákupy centrálnych bánk</b>	409,3	477,2	40	124,3	117,8	116,1	119,1
<b>Dopyt po zlate v tonách</b>	<b>4 087,6</b>	<b>3 923,7</b>	<b>6</b>	<b>1 063,8</b>	<b>936,7</b>	<b>935,6</b>	<b>987,5</b>

Tabuľka 3.1: Svetový dopyt po zlate v rokoch 2013 a 2014 v tonách

Zdroj dát: GFMS, Thomson Reuters; The London Gold Market Fixing Ltd; World Gold Council  
Prerobené zo zdroja: (WORLD GOLD COUNCIL, 2015)

Nasledujúca tabuľka ukazuje svetovú ponuku zlata posledných rokov v tonách.

Rok	2014		2013		2012	
	Hondota v ton.	Pomer k cekovému [%]	Hondota v ton.	Pomer k cekovému [%]	Hondota v ton.	Pomer k cekovému [%]
Produkcia baní	3114	73	3051	71	2864	65
Netto hedging producentov	42,1	1	-39	-1	-40	-1
Recyklované zlato	1122	26	1262	30	1591	36
<b>Ponuka zlata v roku [ton.]</b>	<b>4278</b>		<b>4273</b>		<b>4415</b>	

Tabuľka 3.2: Svetová ponuka zlata v rokoch 2012 až 2014

Zdroj dát: GFMS, Thomson Reuters; The London Gold Market Fixing Ltd; World Gold Council  
Prerobené zo zdroja: (WORLD GOLD COUNCIL, 2015)

<sup>3</sup> ETF - Exchange Traded Funds. Zlatom kryté cenné papiere, ako produkty napríklad: Gold Bullion Securities (London), Gold Bullion Securities (Australia), Dubai Gold Securities, atď..

Najväčšie dolovanie zlata je v Číne, potom nasleduje v poradí Austrália USA a Rusko. Z 10-ročného minima ťažby v roku 2008 produkcia zlata rástla v priemere o 4,7% ročne do roku 2013. Poháňaný desaťročným trvajúcim rastom ceny zlata od roku 2001 do 2011 nalákala veľa investorov a projektov. Tempo rastu kleslo v minulom roku, čo malo následok, že ťažba vzrástla iba o 2%. Prudký pokles ceny zlata v roku 2011 a 2013 vyvolalo ťažký krok späť vo vývoji nových ťažobných projektov. Výrobcovia namiesto toho sa zameriavajú na znižovanie nákladov a racionalizácie. Takže aj keď bola rekordná produkcia zlata v tomto roku, očakávané produkcie v budúcnosti zostanú na podobnej úrovni, lebo potenciál pre existujúce operácie, ktoré by produkovali väčšie množstvo produkcie sú obmedzené, znevýhodnené.

### 3.3.2 Obchodovanie so zlatom

So zlatom ako aj s drahými kovmi sa obchoduje ako s komoditou vo svete na burzách. Hmotnosť sa meria jednotkami **SI**, teda jednotkami gramov a kilogramov. Okrem toho sa ale v tomto prípade používa tradičná jednotka hmotnosti zlata **trojská unca**, pomenovaná podľa hmotnostnej jednotky užívanej v stredoveku na trhoch vo francúzskom Troyes.

**1 trojská unca = 31,1034768 gramov**

**32,15 trojských uncí = 1 kilogram**

Základná svetová cena zlata je udávaná v dolároch za trójsku uncu (USD / oz). Najvýznamnejším trhom s fyzickým zlatom je Londýnsky trh (London Bullion market). Cena rýdzeho zlata sa na Londýnskej burze (LBMA) stanovuje dvakrát denne vo forme tzv. fixu (The London Gold Fixing) a slúži ako referenčná cena zlata pre svet. Táto cena sa stanovuje v amerických dolároch (USD), eurách (EUR) a britských librách (GBP) za 1 trojskú uncu pre odber minimálne 1.000 trojských uncí (cca 31 kg).

Svetová cena drahého kovu za trójsku uncu sa potom môže prepočítat' na cenu inú ako stanovenú, napríklad cena za gram a na menu inú ako stanovenú. Pri tejto cene sa už nemusí jednať o cenu svetového trhu, lebo prepočtom na inú menu sa už znášajú menové kurzové riziká, manipulačné poplatky, marža, atď. Zlatom sa obchoduje aj mimo burzy, pri ktorých zväčša je cena väčšia ako stanovená London Gold Fixom.

Fyzické zlato medzinárodne musí spĺňať štandardy: podoba (tvar), rýdzosť, deklarovaná hmotnosť, garanciu kvality (pečiatka/značka) a producenta (výrobca s certifikátom LBMA).

Pri obchodovaní hrá veľkú rolu práve rýdzosť zlata (zliatiny). Puncové zákony upravujú zákonné rýdzosti zliatin. Puncový zákon Slovenskej republiky ju definuje v § 4 „Zákonné rýdzosti“ a „Puncovní zákon“ Českej republiky ju upravuje v § 5 „Zákonné ryzosti“. Zákony definujú rovnaký pojem a to rýdzosť. „Rýdzosť znamená pomerný hmotnostný obsah drahého kovu v zliatine vyjadrený v tisícinách (1/1000). Rýdzosť rýdzeho kovu je 1000/1000.“ Rýdzosti 1000/1000 je prakticky nemožné dosiahnuť. Preto sa ako rýdze zlato označuje zliatina 999/1000, čo znamená, že je v nej maximálne 1/1000 prímiesí. Ďalej v puncovom zákone nachádzame zákonné rýdzosti pre zákonom dané cenné kovy. Pre zlato platí:

Slovenská legislatíva	Česká legislatíva	
„(2) Rýdzosť zlatého tovaru je“	„a) pro zboží zlaté“	
a) 999/1000,	ryzost č. 0	999/1000
b) 986/1000,	ryzost č. 1	986/1000
c) 900/1000,	ryzost č. 2	900/1000
d) 750/1000,	ryzost č. 3	750/1000
e) 585/1000,	ryzost č. 4	585/1000,
f) 375/1000.	-	-

Tabuľka 3.3: Zákonné rýdzosti dané zákonom.

Zdroj: vlastné spracovanie podľa dát dostupných zo zákonov: Zákon č. 539/1992 Sb., o puncovníctví a zkoušení drahých kovů a Zbierka zákonov č. 94/2013, zákon o puncovníctve a skúšaní drahých kovov

Zákon SR prepisuje, že tovar je dovolené v tuzemsku vyrábať alebo dovážať zo zahraničia na obchodovanie v tuzemsku iba ak má rýdzosť rovnú alebo vyššiu, ako je najnižšia zákonná rýdzosť podľa daného tovaru. Zákon ČR prepisuje: „(2) Ryzost 580/1000 u zlatého starého zboží se považuje za nejnižší zákonnou ryzost.“

Tovar v obehu musí spadať do kategórií daných rýdzosťami a musí sa podrobiť puncovej kontrole. Výsledkom puncovej kontroly je úradné označenie tovaru puncovou značkou príslušnej zákonnej rýdzosti (puncová značka) alebo iným spôsobom ustanoveným týmto zákonom alebo v prípade chybného tovaru sa pristúpi k jeho rozbitiu. Všeobecne povinnej puncovej kontrole, pokiaľ nie je ďalej ustanovené inak podlieha:

- Tuzemský a cudzí tovar určený na obchodovanie v tuzemsku.
- Starý tovar v prípade, že má byť predmetom obchodovania.
- Opravený tovar.

Ale aj ostatné staré tovary môžu byť predložené na puncovú kontrolu.

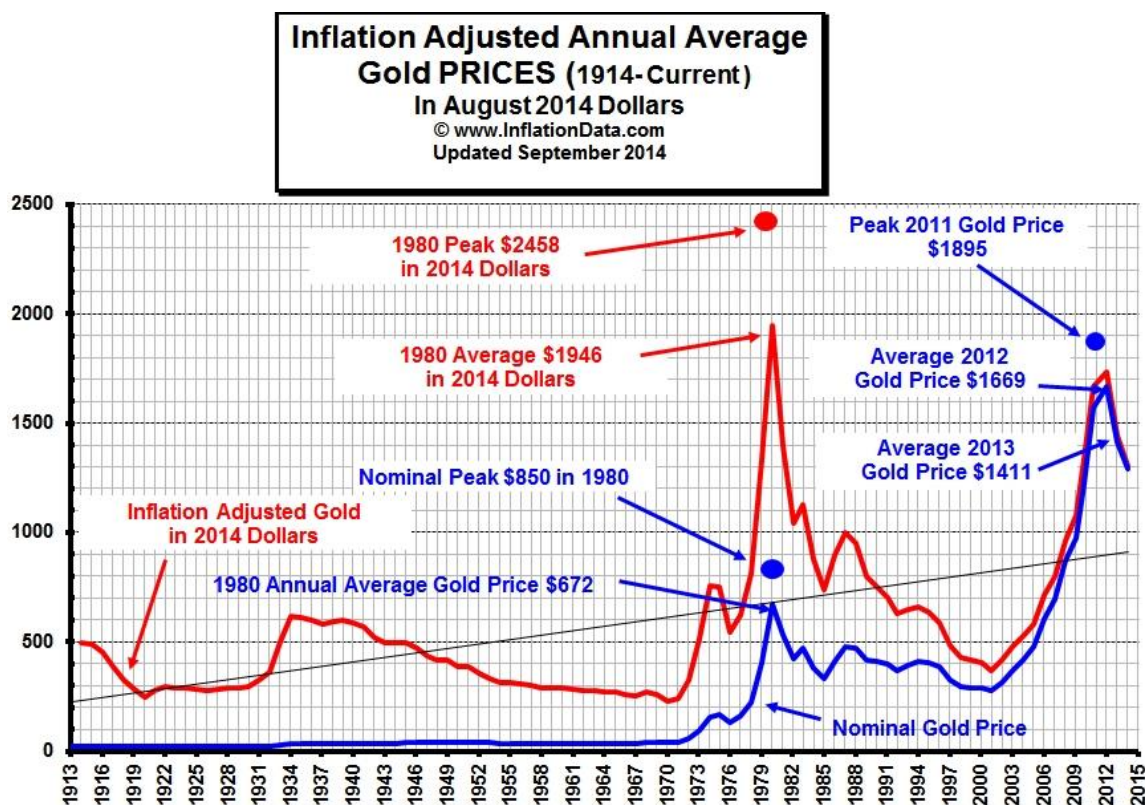
### 3.3.3 Cena zlata

Hodnotu zlata stanovuje kompromis aktuálnej ponuky a dopytu po nej a nálada na trhu. Táto časť sa zaoberá ako s historickým vývojom cien zlata, tak po analýzu kolorácie medzi makroekonomickými vplyvmi až po jej sezónny dopyt. Dopyt po nej vytvárajú ako vlády, tak aj investori, jednotlivé subjekty svojím dopytom upravujú ceny na danom segmente trhu.

Cena zlata v novoveku úzko súvisela s americkým dolárom. Americký dolár v 19. storočí bol krytý striebrom a zlatom až na prelome 20. storočia zavedením zlatého štandardu (Gold standard - zlato ako ekonomická účtovacia jednotka, mena je odvodená od ceny zlata) bola krytá práve zlatom. USA od roku 1945 zabezpečilo dolár reálnym krytím zlata a cudzím vládam umožňovalo jeho konvertibilitu za zlato. USA bolo a aj je veľmocou a takto si zaistila aby jeho mena **americký dolár** hral úlohu svetovej meny (ROTHBARD, 2001, str. 95 - 97). Stanovenie svetovej ceny zlata na dolár prevládal až do roku 1971, keď americký prezident Richard Nixon zrušil tento Brettonwoodský systém a voľnú konvertibilitu dolára za zlato. Americký dolár tak vstúpil do éry menových kurzov na menových trhoch, cena zlata však túto tendenciu prirovnávanie k doláru si zachovala, to svedčí aj jej vyjadrenie svetovej hodnoty v USD.

Doteraz sa používa zlato na krytie cenných papierov (ETC) alebo na krytie niektorých mien niektorých krajín, však tá je už zväčša minulosťou (skôr sa jedná o rezervy centrálnych bánk). Na meny (peniaze) vplýva makroekonomický faktor inflácie (deflácie), nezhodnocovania (zhodnotenia) peňazí. Vplyv globálnej inflácie má vplyv na cenu zlata. Sprevádzajúce možné faktory: nezamestnanosť, verejný dlh, pokles HDP, hyperinflácia. Veľký vplyv má na cenu zlata vývoj americkej ekonomiky a to vývoj HDP a pohyb dolára. Ak americký dolár sa znehodnocuje, cena zlata stúpa, keď ceny nehnuteľností a akcií padajú, zlato má opačné pohyby proti nim, jeho cena stúpa. Ťažká ekonomická kríza (recesia) alebo vojna zvyšuje jeho cenu.

Či je zlato ako vhodný inštrument proti vplyvu inflácie skúma nasledujúci graf (pod grafom je vysvetlenie aj zhodnotenie).



Obrázok 3-3: Historické nominálne ceny zlata a ceny upravené vplyvom inflácie

Zdroj dát: InflationData.com. [online]. [cit. 20.04. 2015].

Prevzaté: [http://inflationdata.com/inflation/images/charts/gold/gold\\_inflation\\_chart.htm](http://inflationdata.com/inflation/images/charts/gold/gold_inflation_chart.htm)

Na obrázku krivka modrej farby znázorňuje **nominálnu cenu zlata** v dolároch a **hodnota korigovaná infláciou** je červenej farby. Ako je vidno v grafe nominálna cena zlata z 1913-1931 je plochá (modrá krivka), je to následok toho, že cena zlata bola stanovená vládou USA. V USA v roku 1933 vláda zakázala vlastniť zlato občanmi, a ten kto vlastnil zlato, musel ho predat' vláde za cenu stanovenú vládou. Z grafu je vidno, že hodnota korigovaná infláciou (červená farba) má inú tendenciu ako nominálna hodnota stanovená vládou.

Akonáhle sa zlato oslobodilo v roku 1971 oživil trh a stal volatilným. Tento graf ešte dobre popisuje známku toho, že keby zlato bolo dokonalým zaist'ovateľom hodnoty proti inflácii, tak infláciou upravená hodnota ceny zlata by bola rovná. Z grafu vyplýva že nie je, zlato si svoju hodnotu tiež mení.

Tenká čierna čiara v grafe je lineárna regresná priamka (s infláciou upravenou v dolároch), ktorá meria presne uprostred ceny s polovičný objemom hodnôt nad čiarou a pod čiarou. To ukazuje, že trend má rastový charakter. Mohlo by sa tiež povedať, že



v prípade, ak cena zlata je vyššia ako línia tak zlato je predražené, a ak je pod líniou, je pod cenou (na základe historických priemerov). (MCMAHON, 2015)

Zvýšený dopyt po zlate alebo zníženie množstva zlata v obehu výrazne zvýši jej cenu. Zlato je produkt ťažobného priemyslu čo znamená, že jeho ponuka má svoje limity. To sa nedá povedať o dopyte, najväčší dopyt je spojený s čínskym lunárnym novým rokom (okolo februára) a na začiatku indickej svadobnej sezóny v septembri (India, Čína sú najväčšími odberateľmi). Letná sezóna je zas „mŕtvý bod“, cena zlata padá. Na dlhých časových osiach môže byť preukázané, že v letných mesiacoch je väčší pokles kurzu, alebo tempo rastu ceny.

Dnešná cena zlata je v porovnaní s minulosťou mimoriadne vysoká. Existujú argumenty pre jej rast, ako napríklad ubúdajúce zásoby nevyťaženej zlata (keď vychádzame z výpočtov, tak zásoby zlata z ťažby sa vyčerpajú v nasledujúcich 20 rokoch), či zvyšovanie zlatých rezerv v rozvojových krajinách. História naopak ukazuje, že po obdobiach s nadpriemernou reálnou cenou zlata nasledovali obdobia s podpriemernými reálnymi výnosmi.

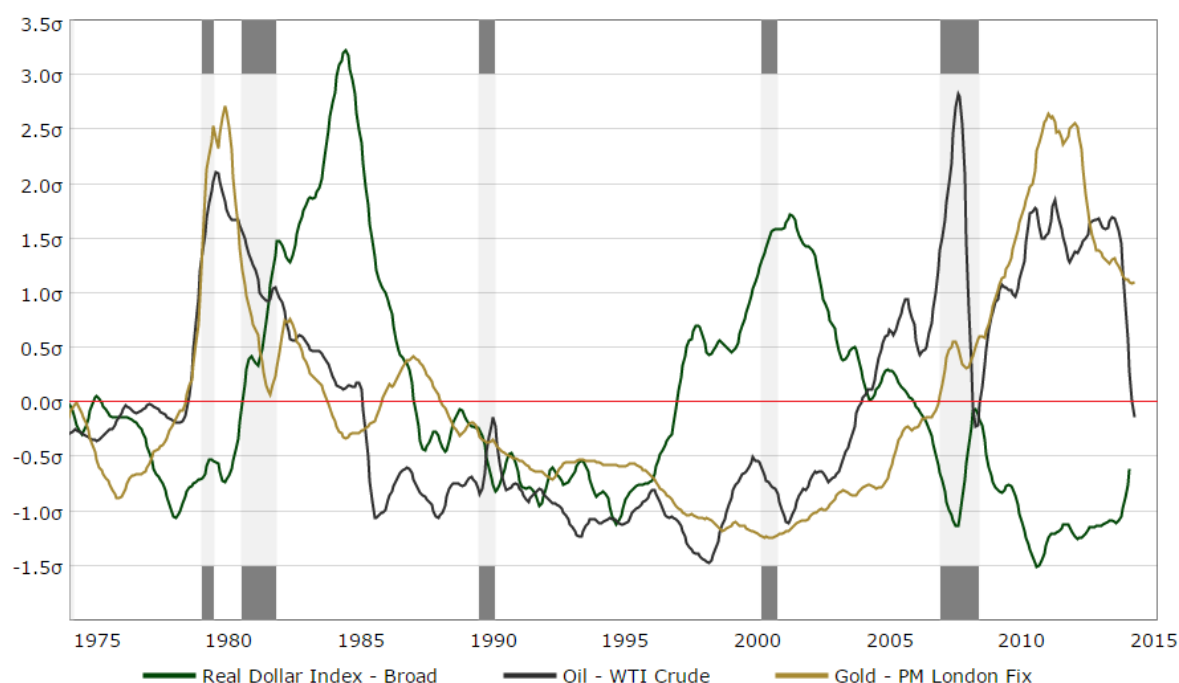
Čiastočný rast ceny môže byť spôsobený zvýšeným dopytom z Číny (možno že im už bolo dosť z manipulácie s dolárom). Hlavná príčina by mohla byť, že znovu vstúpil na trh „strach“. Strach zvyšuje ceny zlata. Síce zlato nie je dokonalá zábezpeka proti inflácii ale je veľmi dobré zabezpečenie proti kríze. Keď cenné papiere strácajú svoju dôveru, zlato vždy udrží nejakú hodnotu. Investorov však motivuje strach o stratu majetku a táto motivácia môže byť rôznorodá:

- Strach z inflácie.
- Strach, že cenné papiere sa vrátia znehodnotené.
- Strach z amortizácie majetku.
- Strach, že vlády, ako je Grécko, Írsko, Island, Portugalsko a USA nebudú schopné splatiť svoje dlhy.
- Strach, že trhy sa zrúti a nastane ekonomická kríza.
- Strach, že trh s nehnuteľnosťami bude smerovať k zrúteniu.
- Strach z vojny (napr. že konflikt v Ukrajine sa rozšíri na celú Európu).

Vlastne všetci títo chcú vlastniť aktívum, ktoré im zaručuje dlhodobu zaistenú hodnotu a zlato ponúka dobrú alternatívu. Takto oni vytvárajú masový dopyt po zlate.

(Jednoduchá myšlienka: keby vstal faraón z hrobky, tak zlato v nej ukryté by mohol aj teraz použiť)

Zatiaľ je zrejmé, že vývoj USD má silný vplyv na cenu zlata. Pokiaľ ide o koreláciu s inými komoditami, spôsob, ako zmerať cenu zlata, je prirovnať ju k cene ropy (zlato k čiernemu zlatu). Dolár, zlato a ropa sú cenovo na sebe naviazané. Svedčí o tom aj nasledujúci graf, ktorý porovnáva pohyb **indexu reálneho dolára (USD)** s **cenou zlata** (London Fix) a s **cenou ropy** (WTI Crude Oil) od roku 1975. Cena zlata a ropy je upravená s indexom spotrebiteľských cien (CPI angl. consumer price index) inflácie a index reálneho dolára je upravený pre relevantných obchodných partnerov s vlastnou menovou mierou inflácie.



Obrázok 3-4: Historický vývoj ceny doláru, ropy a zlata

Zdroje údajov: Federal Reserve, LBMA, EIA

Prerobené zo zdroja: (MACROTRENDS, 2015)

Sivé časti na časovej línii predstavujú recesiu. Z grafu je vidno že zlato ako aj ropa má opačnú tendenciu ako vývoj amerického dolára. Dolár svojou depreciaiou zvyšuje ceny týchto komodít a apreciaciou ich zase zlacňuje. Z niektorých dlhodobých analýz sa našli korelácie medzi cenou ropy a zlata, podrobné vysvetľovanie by ale presahovalo rámec tejto práce. Nedávny pokles cien ropy má následky aj na trhu zlata.

Vývoj nominálnej hodnoty zlata predstavujú nasledovné grafy z pohľadu 10 ročného, 5 ročného a ročného vývoja nominálnej hodnoty zlata.



Obrázok 3-5: Vývoj ceny komodity zlato za posledné roky v USD/oz  
 Zdroj dát: Kurzy.cz. Prevzaté z: <http://www.kurzy-online.sk/komodity/zlato/>

[online]. [cit. 26.04. 2015].

### **3.3.4 Kúpa zlata a vzťahujúce sa riziká kúpy**

Ani kúpa zlata nie je bez rizika. Riziká spojené s kúpou drahých kovov môžu byť nasledujúce:

#### **Riziko kúpy falzifikátu**

Vyhnúť sa falzifikátom tejto komodity sa dá kupovaním zlata od štandardných predajcov, od renomovaných spoločností alebo prostredníctvom bánk, ktoré kúpu sprostredkujú.

Neodporúča sa kupovať zlato od anonymných predajcov (napríklad na: ebay.com alebo podobných stránkach) a nevystavovať sa zaručeným „výhodným“ kúpam. Sice sa zlato falšuje ťažko (tehličky majú stanovenú gramáž a rozmer), nájdu sa experti, ktorým sa to podarí. Napodobneniny historických mincí alebo zliatiny s podobnou hustotou ako zlato (napr. volfrám). Keď investor trvá na tejto možnosti kúpe, tak musí byť obozretný a skontrolovať veľkosť a hmotnosť tovaru, poprípade sa zabezpečiť znaleckou kontrolou.

#### **Riziká ETF (Exchange Trade Funds)**

ETF sú cenné papiere 100% kryté zlatom alebo striebrom, respektíve by mali byť kryté. Dôvod prečo sú v sekcii rizík sú ich možné pochybnosti reálneho krytia fyzickým zlatom (cenným kovom). Toto riziko sa eliminuje jednoducho, a to kúpou reálnych kovov do fyzickej držby, či už online alebo u kamenného predajcu.

#### **Riziko odcudzenia**

Eliminácia rizika odcudzenia buď krádežou alebo vládou reguláciou sa v prípade už kúpeného zlata dá buď vo vlastnom súkromnom sejfe alebo radšej zväziť jeho úschovu v banke alebo v alternatívnych špecializovaných skladoch, napr. **Das Safe** alebo **Van Goethem**.

#### **Politické riziko vlastníctva zlata**

Politické riziko je spojené primárne s vlastníctvom zlata. Toto riziko je závislé od danej krajiny. V našej krajine toto riziko teraz nehrozí, ale silne krízové stavy by mohli meniť legislatívu (neočakáva sa). Všeobecné toto riziko zahŕňa:

- Zákaz vlastníctva zlata - (napríklad vláda slávnej slobodnej USA v rokoch od 1933 do 1970 zakázala vlastníť občanmi fyzické zlato)
- Fixácia ceny a obmedzenie obchodovania - nominálnu hodnotu a možnosť obchodovania na danom trhu stanovuje vláda.
- Nadmerné zdanenie tejto komodity.

Možnosť eliminácie politického rizika je kupovanie od zahraničných predajcov a nie od domácich (tuzemská vláda má ťažší prístup k evidencii zahraničných predajcov). Dobré alternatívy sú práve online predajcovia. Predajcovia napr. Bullion Vault alebo GoldMoney sa snažia toto riziko eliminovať prostredníctvom možnosti uloženia kovu v oblastiach s nízkou mierou politického rizika (Zürich, Londýn, Hongkong) a jednoduchým presunom kovu medzi týmito destináciami.

### **3.3.5 Záver investovania do zlata**

Najväčšími držiteľmi zlatých aktív sú centrálné banky sveta. V súčasnosti najväčší dopyt po zlate tvoria zlatníctva pre výrobu šperkov. Zlaté rezervy a zo strednodobého hľadiska zatiaľ nie je predpokladaný značný technologický vývoj ťažby zlata (z projektového investičného hľadiska takáto ťažba nie je lukratívna). Ponuku zlata by mohlo zvyšovať recyklované zlato a zlaté rezervy, však ani toto nie je pravdepodobné, lebo centrálné banky už prestali rozpredávať svoje zlaté zásoby. Skôr naopak centrálné banky rozvojových krajín zvyšujú dopyt po tejto komodite.

Na burzách je stanovený minimálny odber zlata. Kúpa zlata vo väčšom objeme znižuje jej cenu (napríklad kilová tehlička spravidla stojí menej ako dve pól kilové). Pri výrobe menších kusov narastajú výrobné náklady s obrábaním materiálu. Pri minciach a šperkov samotné výrobné náklady môžu prevýšiť cenu spotrebného materiálu, (zliatina zlata) tovaru. Špeciálne prípady sú historické predmety a kolekcie, kde ich cenu zvyšuje aj historická hodnota.

Pri kúpe zlata treba brať ohľad aj na okolnosti a možné riziká a riešiť ich ešte pred zakúpením komodity (úschovňa komodity, legislatívne zákony, atď.). Vyhnúť sa predajným podvodom a kúpe falzifikátu je doporučené kupovať zlato od renomovaných spoločností.

Kúpa zlata môže z krátkodobého hľadiska investorovi kvôli jej volatilita tržnej hodnoty priniesť ako stratu tak aj výnos. Zlato ako investícia v dlhom období drží svoju

hodnotu veľmi dobre, vykazuje značnú odolnosť voči inflácii. Je však otázkou, či dlhé obdobie nie je príliš dlhé voči investičnému horizontu, či dokonca životu investora.

Zlato je skôr komodita zaisťujúca než investične rastová. Jeho prirodzená hodnota v portfóliu by mala tvoriť 5 až 10 percent.

### 3.4 Popis spoločnosti Google

Voľba spoločnosti je následok toho, že je dobre známe širokému publiku, o tom svedčí aj jeho popularita. Nie je potrebné ju a jej služby predstavovať, ale v krátkosti sa zhrnie jej existencia od vzniku, aby možné relevantné deje zapadli do vývoja akcií tejto spoločnosti. Hlavné sídlo Google Inc., 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, CA, 94043, USA.

Celé sa to začalo keď dvaja študenti Stanfordskej univerzity vybudovali vyhľadávací nástroj, ktorý používal odkazy na stanovenie dôležitosti jednotlivých webových stránok. Práve oni **Larry Page** a **Sergej Brin** v septembri 1998 v Kalifornii (USA) založili **Google Inc.**, keď spoluzakladateľ spoločnosti Sun, Andy Bechtolsheim, vypísal šek na 100 000 USD pre túto entitu, ktorá dovtedy neexistovala. (GOOGLE, 2015)

V roku 2000 predstavili službu AdWords, samoobslužný program na vytváranie online reklamných kampaní.

V apríli 2004 spustili službu Gmail, sú to e-mailové služby zahŕňajúce funkcie ako rýchle vyhľadávanie, zobrazovanie správ vo vláknach, vytváranie skupín (googlegroups), kalendár, atď. K tomu všetkému je možnosť využitia veľkého online ukladacieho priestoru (cloudu).

Vstup na burzu: 18. augusta 2004 sa na Wall Street uskutočnila prvá verejná ponuka 19 605 052 kmeňových akcií triedy A.

V roku 2004 kúpili spoločnosť Keyhole ponúkajúcu digitálne mapovanie a v roku 2005 spustili služby Mapy Google a Google Earth. Služba Mapy v súčasnosti obsahuje funkcie ako aktuálne informácie o doprave, trasy verejnej dopravy a snímky na úrovni ulíc. Aplikácia Earth umožňuje preskúmať od dna oceánov až po povrch Mesiaca.

V roku 2006 kúpili webové stránky YouTube zameranú na zdieľanie online videí. V súčasnosti sa na tieto stránky každú minútu nahrá až 60 hodín videa. YouTube úplne zmenilo vnímanie charakteru videí a umožňuje rýchle šírenie informácií.

Google bol spoluzakladateľom asociácie Open Handset Alliance, ktorý nakoniec aj kúpil a v roku 2007 oznámili spustenie systému Android, otvorenej platformy pre mobilné zariadenia, ktorý je teraz vedúcim operačným systémom na trhu smartphonov.

Oficiálne spustenie prehliadača Google Chrome bolo 2. septembra 2008. Dnes je už najobľúbenejším internetového prehliadačom. Viac ako polovica používateľov

internetových prehliadačov používa práve tento software a tendencia má rastový charakter.

Larry Page, pôvodný generálny riaditeľ spoločnosti Google až do roku 2001, sa ním stal opäť v apríli 2011. Krátko po návrate vyhlásil v auguste že Google kupuje spoločnosť Motorola (vraj kvôli vlastníctvu tisícok patentov).

V júni 2011 predstavili projekt Google+. Cieľom bolo priniesť na internet všetky aspekty medzilidskej komunikácie a vylepšiť všetky služby Google zahrnutím ľudí, ich vzťahov a záujmov.

V roku 2014 koncom januára Google vyhlásil že predá Motorolu spoločnosti Lenovo.

Spoločnosť je relatívne mladá, ale od svojho založenia sa rozrástla natoľko, že dokáže poskytovať svoje služby miliónom ľudí z celého sveta a zamestnáva viac ako 40 000 ľudí na celom svete. Dostala sa do top spoločností sveta, v roku 2014 sa vo Fortune500 vyšplhala na 49 miesto (v roku 2013 bol na 55 mieste).

Larry Page a Sergej Brin teraz podľa magazínu Forbes (2015) patria do top 10 najmocnejších ľudí sveta.

*„Cieľom spoločnosti Google je organizovať informácie z celého sveta a sprístupniť ich širokej verejnosti“* (Google, 2015)

### **3.4.1 Tržby, zisk a akcie spoločnosti**

Od vzniku spoločnosti v 1998 uplynulo **17 rokov**, to je maximálny horizont **analýzy**. U.S. Securities and Exchange Commission (SEC, 2015) Google Inc. ako materská spoločnosť má evidovaných 87 dcérskych spoločností a to 30 v USA, ostatné sú roztrúsené po celom svete. Okrem toho vlastní kmeňové akcie niektorých ostatných spoločností (napr.: Lenovo). V Česku má dcérsku spoločnosť Google Czech Republic, s.r.o. a na Slovensku iba pobočku v Bratislave.

Znázornenie veľkosti materskej spoločnosti Google Inc. je preto dôležité, že niektoré dcérske spoločnosti sú tiež akciové spoločnosti a na finančnom trhu spoločnosť takéhoto kalibru umožňuje aj viaceré finančné inštrumenty. Práca sa zaoberá samotnou materskou spoločnosťou a jej akciami. Akciami a majetkami dcérskych spoločností sa práca nezaoberá.



Pri založení bola spoločnosť súkromná (privately held company) až **18. augusta 2004 podstúpila IPO** (Initial public offering), pri ktorej spoločnosť prvýkrát vstúpila na burzu a ponúkla svoje akcie širokej verejnosti. **Google Inc.** sa stala **verejnou akciovou spoločnosťou**, ktorou je aj doteraz. V deň IPO sa na trhu **Nasdaq National market** pod symbolom „GOOG“ objavili akcie spoločnosti (CLASS A) za 85 dolárov (Google, 2004).

Majitelia spoločností, ktoré boli v súkromnom vlastníctve po prechode na verejnú spoločnosť často vytvárajú rôzne triedy štruktúry akcií, s rôznymi hlasovacími právami s cieľom udržať si kontrolu nad spoločnosťou pôvodnými majiteľmi alebo, aby sa spoločnosť ťažšie prevzala, odkúpila. Je zrejmé, že to pôvodní majitelia, skončia s akciami hlasovacími. Emitované akcie na trh sú v triedach bez hlasu alebo iba s jedným hlasom. Google to vyriešil takto:

Google pri prekročení 1000 dolárov za akciu sa vedenie spoločnosti rozhodlo že emituje ďalší druh (trieda) akcií, a tak po prvý krát došlo k štiepeniu akcií. Dňa 3 apríla 2014 sa každá akcia triedy A sa rozštiepila na 2 dve akcie na jednu triedy A (hlasovacím právom, ticker GOOGL) a jednu novú triedu C (bez hlasovacieho práva, ticker GOOG). Jednoducho povedané zdvojnásobil sa počet akcií, ktorý mal vplyv na cenu s úpravou s násobkom 0,4995. Google má teraz 3 triedy akcií:

- Class A: akcie s 1 hlasovacím právom, obchodovateľné: NASDAQ: „GOOGL“.
- Class B supervoting: zamestnanecké s 10 násobným hlasovacím právom, sú neobchodovateľné na verejnosti.
- Class C nonvoting: akcie bez hlasovacieho práva, obchodovateľné NASDAQ: „GOOG“.

Tieto akcie nájdeme aj na NASDAQ-100 Components (GOOGL aj GOOG), S&P 500 Components (GOOGL aj GOOG), na frankfurtskej burze pod symbolom GGQ1, ale aj inde.

Google Inc, zatiaľ **nikdy nevyplatila dividendu** v hotovosti a podľa vyhlásenia vedenia spoločnosti v dohľadnej budúcnosti sa neočakáva, že by peňažné dividendy platila.

Nasledujúca tabuľka zhrnuje vývoj tržieb a počet akcií spoločnosti za posledných niekoľkých rokov. Slúži k analýze vývoja spoločnosti, ktorá má doteraz rastový charakter. Vývoj tržieb, ziskov a počet akcií vyzeral nasledovne:

ROK	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014	2015, Q1 (bez auditu)
Tržby (v mil. \$)	16 594	21 796	23 651	29 321	37 905	46 039	55 519		66 001	17 258
Rast oproti min. roku	56%	31%	9%	24%	34%	19%	20%		20%	-
Čistý príjem (v mil. \$)	4,204	4,227	6,52	8,505	9,737	\$10,737	12 920		14 444	-
% z tržieb	25%	19%	28%	29%	26%	25%	24%		22%	-
Zisk na akcii (EPS, earnings per share)							pred	po		
EPS – basic (\$)	13,53	13,46	20,62	26,69	30,17	32,81	38,82	19,41	21,37	-
EPS – Diluted (\$)	13,29	13,31	20,41	26,31	29,76	32,31	38,13	19,07	21,02	-
Počet akcií (tis.)										
Basic (základný)	310,806	313,959	316,221	318,702	322,778	327,213	332,846	665,692	675,935	680,915
Diluted (zriedený)	316,21	317,514	319,416	323,251	327,214	332,305	338,809	677,618	687,070	689,498
ROK	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014	2015, Q1 (bez auditu)

Tabuľka 3.4: Vývoj tržieb a počet akcií spoločnosti

Zdroj: vlastné spracovanie podľa dát dostupných z Google

Zdroj dát: <https://investor.google.com/financial/tables.html> [online]. [cit. 4.05. 2015].

### 3.4.2 Ceny akcií GOOG spoločnosti Google Inc.

Zvolený typ akcie je pod tickerom „GOOG“ bývalý z triedy A teraz už z triedy C od 2014 (akcia bez hlasovacieho práva). Je to výhodné pre tých investorov, ktorí sa nechcú miešať do vedenia spoločnosti a nechcú sa zúčastniť valných hromád stockholderov, skôr im ide o možnosť zisku z predaja akcie nad kúpenou cenou (Google dividendy nevypláca a ani sa zatiaľ nechystá).

Ako súbor dát tržnej ceny zvolený NASDAQ kde bolo aj prvé IPO. Po rekordných hodnotách aj nad 1200 USD za akciu sa po štiepení akcií teraz cena pohybuje okolo 550 amerických dolárov za kus akcie. Akcie Googlu nie sú lacnou záležitosťou, patria medzi drahšie akcie. Práve táto vysoká cena akcií odrádza mnohých každodenných investorov od nákupu tejto akcie.

Nasledujúce grafy znázorňujú vývoj kurzov akcií GOOG na burze Nasdaq. Prvý graf znázorňuje vývoj hodnôt akcií. Z analýzy nebola zistená nijaká značná sezónna zmena ceny, skôr značný vplyv udalostí spoločnosti. Medzi značné vplyvy patrí emisia jeden násobku akcií v apríli 2014. Bolo to prvé štiepenie týchto akcií na 2 akcie, a to na jednu A a na jednu C triedy. Majiteľom akcií nevznikli škody, lebo z jednej drahej akcie mali zrazu 2 akcie za polovičnú cenu. Preto sa ďalší graf upravil o danú hodnotu násobku aby sa dal znázorniť reálny vývoj cien týchto akcií. Posledný graf sa zaostruje na vývoj cien akcií za posledný rok.



Obrázok 3-6: Vývoj kurzu akcií GOOG

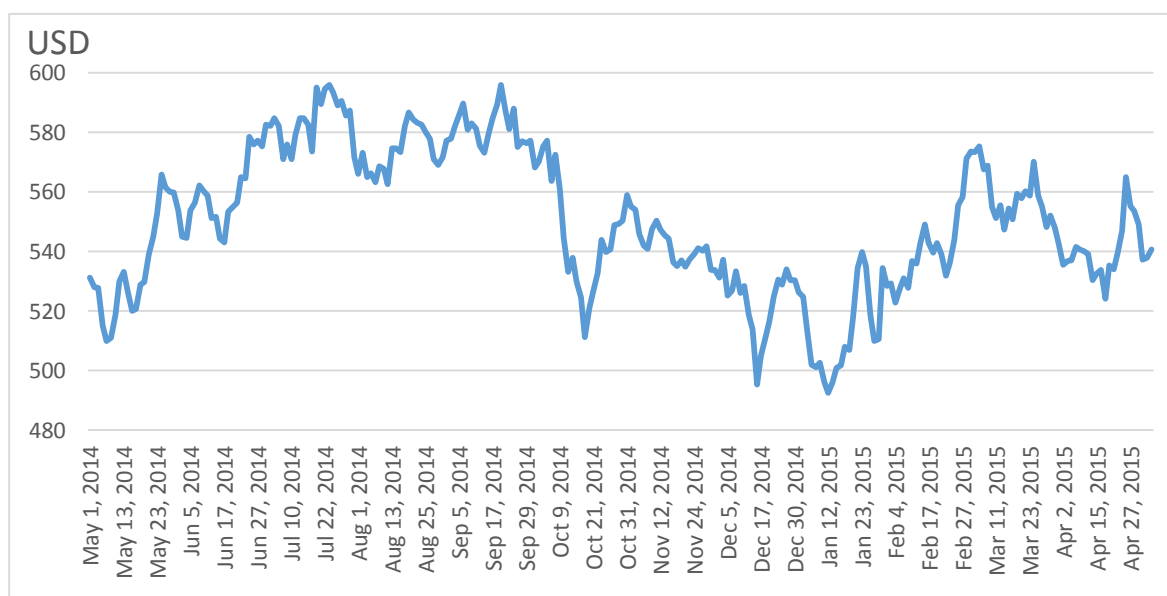
Zdroj dát: Peníze.CZ (2015) [online]



Obrázok 3-7: Upravený vývoj kurzu akcií GOOG

Zdroj dát: Google Finance. Prevzaté a prerobené zo zdroja[online] [cit. 26.04. 2015]:

[https://www.google.com/finance?q=goog&ei=\\_j5GVdDhOIIFwAPUloCICg](https://www.google.com/finance?q=goog&ei=_j5GVdDhOIIFwAPUloCICg)



Obrázok 3-8: Vývoj kurzov akcií GOOG za posledných rok

Zdroj: vlastné spracovanie. Zdroje dát: Yahoo! Finance [online].

## 4 Vlastné návrhy a riešenia

Využitie umelej inteligencie na finančnom trhu je vypracované metódou technickej analýzy, ktorá vychádza z predpokladu že trh diskontuje všetky relevantné informácie. Vlastné návrhy nadväzujú na výstup analýzy, ktorá v seba zahŕňa voľbu investičného inštrumentu na ktorý táto kapitola s vlastnými návrhmi vypracuje vhodný model umelej inteligencie na podporu investovania zvoleným investičným inštrumentom.

Táto kapitola sa delí na **dve logické časti** a to konkrétne na vypracovanie dvoch modelov s algoritmami. **Prvá časť** kapitoly popisuje návrh modelu expertného systému využitím **fuzzy logiky**, a to investovanie do cenných kovov a stanovením príslušných pravidiel investovania. Model napodobňuje investičné rozhodovanie experta na **kúpu** cenného kovu **zlato**.

**Druhá časť** kapitoly popisuje vytvorenie modelu pomocou **umelých neurónových sietí** na **predikciu** vývoja **kurzu akcií**. Funkčnosť algoritmu sa znázorňuje na akciách spoločnosti **Google (GOOG)**.

Vývojové prostredie pre programovú časť práce sa zvolil **MATLAB** (R2013a) od spoločnosti MathWorks. Vďaka tomuto skriptovaciemu programovaciemu jazyku sa dá riešiť samotný algoritmus bez výrazných problémov hardvérovej kompatibility alebo softvérovej platformy (je to hlavne výhoda oproti kompilovaným jazykom a objektovo orientovaným jazykom). Množstvo zapuzdrených toolkitov a veľký počet podporných funkcií je pre používateľa tiež veľkou výhodou. Nevýhoda tohto skriptovacieho jazyka je, že bez vývojového prostredia je samostatný kód nepoužiteľný. Tento program slúži na znázornenie funkčnosti modelu Na možné ostatné výpočty a grafy sa použil **MS Excel** (2013) od spoločnosti Microsoft.

## 4.1 Riešenie problematiky investovania do komodity zlato

Výslednom analýze sú faktory ovplyvňujúce **cenu zlata** a možnosti jej kúpy. Z povahy technickej analýzy vyplýva, že dáva odpoveď kedy je najvhodnejšie vstupovať do pozície nákupu alebo predaja. Práca vychádza z pohľadu investora, ktorý má české koruny a chce investovať (kúpiť) zlato za najvýhodnejšiu cenu. Vyhotovený expertný model by mal dávať radu investorovi, či je za daných podmienok výhodné alebo nevýhodné kúpiť komoditu zlato.

Najvýznamnejším trhom s fyzickým zlatom je Londýnsky trh (London Bullion market), kde aktuálne stanovená hodnota je smerodajná a spravidla aj najreálnejšia. London Gold fix stanovuje cenu v amerických dolároch (USD), eurách (EUR) a britských librách (GBP) za 1 trojskú uncu. Tieto hodnoty slúžia ako referenčné ceny zlata pre túto prácu. Práca ďalej akceptuje historické tradície svetového trhu zlata a bude pracovať s jeho jednotkami **trójska unca** a **americký dolár**.

Voľba vstupov, návrh vyhodnocovacieho algoritmu fuzzy systému a výstup modelu je krok za krokom vysvetlený v podkapitolách. Pre všeobecné použitie je na vstupoch modelu vložený normovač hodnôt.

### 4.1.1 Riešenie problematiky vstupov – fuzzifikácia

Vychádzajúc z analýzy sa navrhli relevantné vstupy pre model. Ako základný vstup, ktorý ovplyvňuje investora, je kúpna **cena zlata** [USD]. Z analýzy ďalej vyplývajú hospodárke dopady na okolnosti a možné výhody a nevýhody investovania do zlata. Hľadal som navzájom sa ovplyvňujúce parametre a zjednodušil ich do dvoch faktorov a zvolil vstupy **Inflácia** [%] a menový kurz **USD/CZK** [1\$/ x Kč].

V dlhodobom horizonte najlepšie zabezpečí hodnotu peňazí práve zlato. Preto je zvolená vstupná hodnota znehodnotenie Českej koruny ako vplyv investovania do zlata. Cena zlata z tradície je vyjadrená v USD, lebo bola na ňu historicky naviazaná. Doteraz ak americký dolár (USD) apreciuje (zhodnocuje), tak cena zlata klesá. V opačnom prípade, keď USD deprecie, cena zlata stúpa. Jej kúpa na svetových trhoch prebieha tiež v USD. Tak náš tretí vstup a univerzum je menový kurz USD/CZK.

V modeli tieto vstupy vstupujú do daných univerz hodnôt kde sa integrujú do príslušných fuzzy množín s hodnotou príslušnosti (viď ďalšie kapitoly).

#### 4.1.2 Fuzzy množiny ceny zlata

Voľba množín vychádza z výpočtov. Ako zdroj hodnôt pre výpočty sú historické hodnoty 2 rokov **London Gold fixu** od 05-01-2013 do 05-01-2015. Zdrojom údajov sú z online stránok Quandl ([www.quandl.com](http://www.quandl.com), 2015) z databázy London Bullion Market Association. London Fix stanovuje ceny zlata dvakrát za pracovný deň v menách USD, GBR a EURO. Relevantné dáta pre túto prácu sú USD (AM) a USD (PM) sú to ceny zlata za trójsku uncu (oz). Celkovo sa vyhodnotilo 1010 údajov. Minimálna hodnota za stanovenú dobu bola 1142 USD za maximálna 1476,5 USD. Stredná aritmetická hodnota (4.1) zaokrúhlene vychádza na 1275,3 USD/oz.

$$AVG = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.1)$$

Rozptyl (4.2) nám udáva, ako veľmi sú hodnoty v našom štatistickom súbore rozptýlené, zaokrúhlene vyšla na hodnotu 4241,1.

$$Var(cena) = \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 \quad (4.2)$$

Smerodajná odchýlka (4.3) zaokrúhlene vychádza na hodnotu 65,12.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad (4.3)$$

Kúpna cena zlata [USD/trójska unca] vstupuje do univerza ako hodnota a umiestni sa do príslušnej množiny. Minimálna príslušnosť 1 množiny, maximálne 2 množín. Množiny sú **NC** – nízka cena; **SNC** – stredne nízka cena; **SVC** - stredne vysoká cena ; **VC**- vysoká cena. Pri neštandardnom vstupe algoritmus umožňuje vstup normalizovať (napríklad keď kúpna cena vstupuje v kg alebo v gramoch, cena za viac uncí, prepočet rýdzosti, apod.)

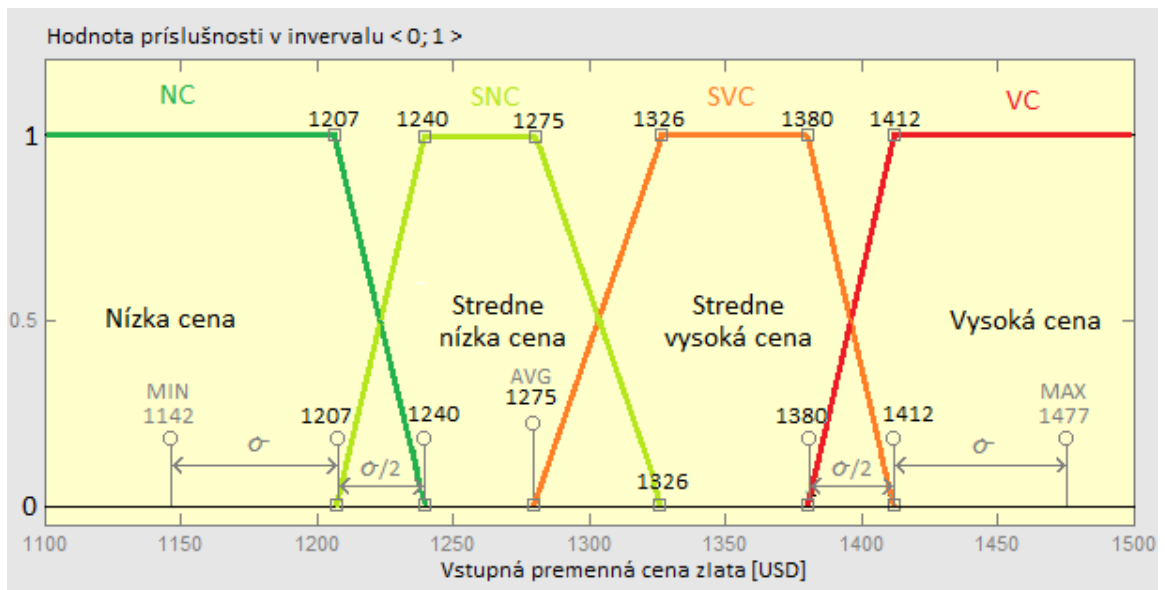
Množiny sú trapézového tvaru (trapmf). Intervaly príslušností množín sú na grafe znázornené nižšie a definované matematicky nasledovne (4.4-7):

NC – nízka cena: 
$$\mu_{NC}(x) = \begin{cases} 1 & \text{pre } 0 < x < 1207 \\ -0,0303x + 37,567 & \text{pre } x \in [1207; 1240] \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$$
 (4.4)

SNC – stredne nízka cena: 
$$\mu_{SNC}(x) = \begin{cases} 0,0303x - 36,567 & \text{pre } 1207 < x < 1240 \\ 1 & \text{pre } x \in [1240; 1275] \\ -0,0196x + 26 & \text{pre } 1275 < x < 1326 \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$$
 (4.5)

SVC- stredne vysoká cena: 
$$\mu_{SVC}(x) = \begin{cases} 0,0196x - 25 & \text{pre } 1275 < x < 1326 \\ 1 & \text{pre } x \in [1326; 1380] \\ -0,0313x + 44,125 & \text{pre } 1380 < x < 1412 \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$$
 (4.6)

VC- vysoká cena 
$$\mu_{VC}(x) = \begin{cases} 0,0313x - 43,125 & \text{pre } 1380 < x < 1412 \\ 1 & \text{pre } x \in [1412; \infty) \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$$
 (4.7)



Obrázok 4-1: Vstupné fuzzy množiny v univerzu cena zlata

Zdroj: vlastné spracovanie



#### 4.1.3 Fuzzy množiny nezhodnotenia peňažného majetku

Globálna inflácia má vplyv na kúpu zlata pre zvýšenie dopytu po zlate. Sprevádzajúce faktory: nezamestnanosť, verejný dlh, HDP. Keď inflácia rastie (peniaze sú znehodnotené), cena zlata tiež narastá.

Očakávané nezhodnotenia peňažného majetku, či už je to samotná inflácia v ekonomike v ČR [%] alebo kúpna sila oproti ostatným menám [%] vstupuje do univerza **znehodnotenia peňažného majetku** ako hodnota a umiestni sa do príslušnej množiny. (Minimálna príslušnosť 1 množina, maximálne 2). Množiny sú:

- **Zhodnotenie** – zníženie cenovej hladiny, alebo lepšia investičná alternatíva.
- **Znehodnotenie** – znehodnotenie peňažného majetku.
- **Vysoké znehodnotenie** – vyššia inflácia vyvolaná aj inými faktormi.

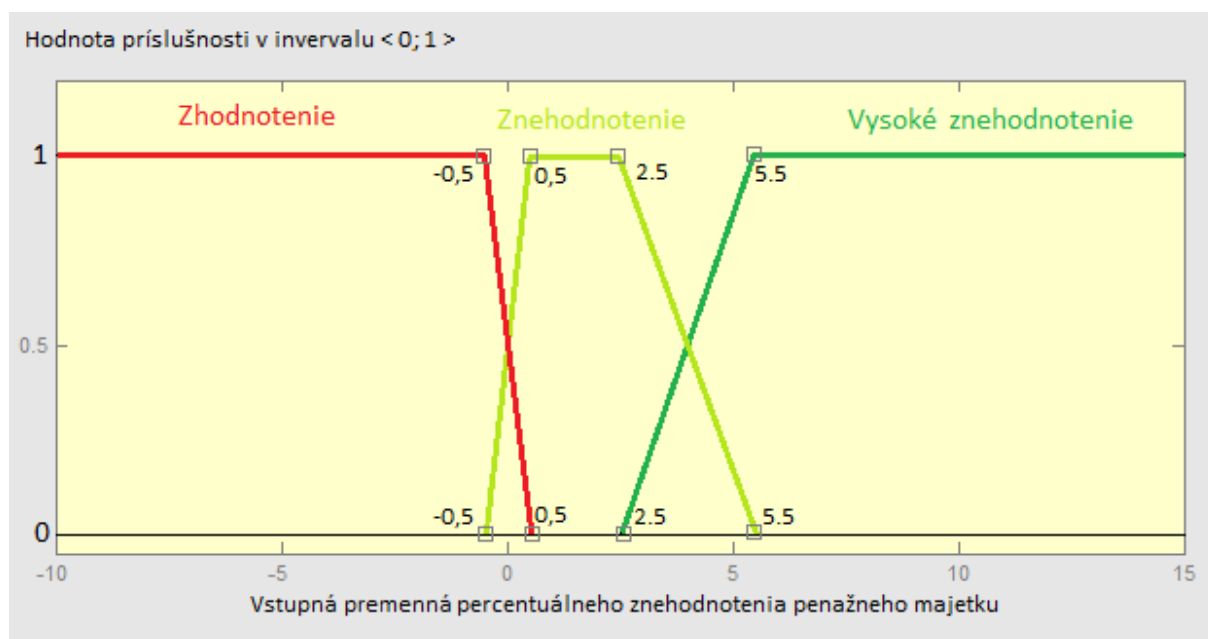
Inflačné množiny nie sú určené na základe klasického makroekonomického pohľadu ale z hľadiska kumulovaného znehodnotenia peňažného majetku počas možného investičného horizontu oproti iným investičným alternatívam. Je samozrejmé že majetok v Kč sa môže použiť aj na iné investičné inštrumenty ktoré môžu mať kladné úroky. Všetky úroky nemusia prevyšovať reálne znehodnotenie peňazí (napríklad zmena kúpnej sily Kč pri zmene meny na €). Na dlhoročné držanie peňazí pôsobí zložitý úročený znehodnotenia inflácie. Treba brať ohľad na spomínané faktory a na ostatné možné znehodnotenia peňažného majetku, alebo na očakávané znehodnotenie kúpnej sily a tieto hodnoty kumulovať.

Množiny sú trapézového tvaru (trapmf) s intervalmi príslušností znázornené na grafe nižšie. Príslušnosti množín sú definované nasledovne (4.8-10):

$$\begin{array}{ll} \textbf{Zhodnotenie:} & \mu_{\text{Zhodnotenie}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{pre } -\infty < x < -0,5 \\ -x + 0,5 & \text{pre } x \in [-0,5; 0,5] \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases} \\ (4.8) & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \textbf{Znehodnotenie:} & \mu_{\text{Znehodnotenie}}(x) = \begin{cases} x + 0,5 & \text{pre } x < -0,5; 0,5 \\ 1 & \text{pre } x \in [0,5; 2,5] \\ -\frac{1}{3}x + 11/6 & \text{pre } 2,5 < x < 5,5 \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases} \\ (4.9) & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \textbf{Vysoké znehodnotenie:} & \mu_{\text{V.znehodnotenie}}(x) = \begin{cases} \frac{1}{3}x - \frac{5}{6} & \text{pre } 2,5 < x < 5,5 \\ 1 & \text{pre } x < 5,5; \infty \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases} \\ (4.10) & \end{array}$$



Obrázok 4-2: Vstupné fuzzy množiny v univerzu znehodnotia peňažného majetku

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4.1.4 Kurz USD/CZK

Ako sme si to uviedli, cena zlata je z tradície vyjadrená v USD. Jej transakcia prebieha tiež v USD. Tak náš tretí vstup a univerzum je menový kurz USD/CZK. Analyzoval som výmenný kurz predošlých 4 rokov. Keďže hospodárstvo Českej republiky je značne ovplyvnené eurozónou, smerodajné hodnoty sú zvolené po dátume nedávnej devalvácii českej koruny voči euru v roku 2013. Česká národná banka 5. novembra 2013 devalvovala kurz českej koruny voči euru z hladiny 25 aby udržiavala v blízkosti hladiny 27 korún za euro. Následkom toho sa kurz dolára za koruny tiež zmenil. Čas pre stabilizovanie zmeny sa nechal viac ako 1 mesiac.

Zdroj hodnôt pre výpočty sú historické kurzové hodnoty od 20.12.2013 do 1.5.2015. Zdroj údajov je z online stránok Quandl ([www.quandl.com](http://www.quandl.com), 2015) z databázy Wiki Exchange Rates - CURRFX, ktorý udáva kurz hodnoty 1 amerického dolára v českých korunách. Tento kurz je zlúčenie sadzieb z rôznych zdrojov, ako napríklad: zmenárne, makléri, noviny a zo zdrojov centrálnych bánk. Kurz je stanovený v priemere za deň.

Kurz USD/CZK	Podľa rovnice	
<i>Priemerný kurz</i>	21,70266	AVG (4.1)
<i>Rozptyl</i>	3,710661	$\sigma^2$ (4.2)
<i>Smerodajná odchýlka</i>	1,926308	$\sigma$ (4.3)
<i>Počet hodnôt</i>	356	
<i>Minimálna hod.</i>	19,6606	
<i>Maximálna hod.</i>	25,9428	

Tabuľka 4.1: Výpočtané hodnoty výmenných kurzov USD/CZK

Zdroj: vlastné spracovanie podľa dát dostupných zo zdroja (QUANDL, 2015)

Zo zdrojových údajov a výpočtov sa navrhli 3 množiny:

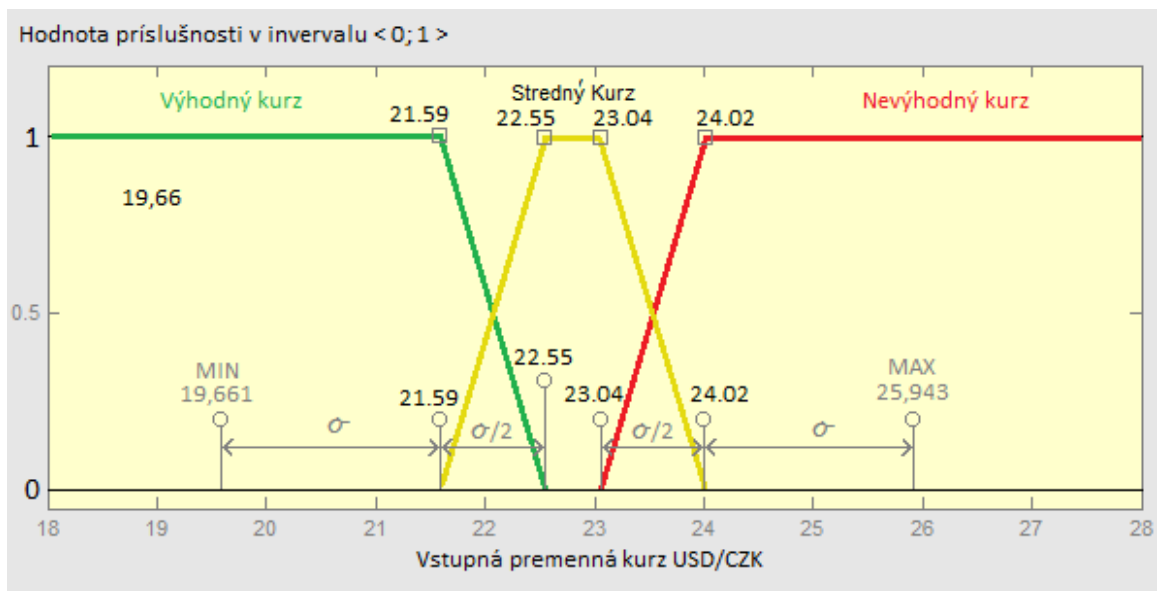
- **Výhodný kurz**
- **Stredný kurz**
- **Nevýhodný kurz.**

V modeli hodnota kúpneho kurzu dolára vstupuje do univerza kurzov a umiestni sa do príslušnej množiny (minimálna príslušnosť 1 množina, maximálne 2). Množiny sú trapézového tvaru (trapmf). Intervaly príslušností množín sú na grafe znázornené nižšie a definované matematicky nasledovne (4.11-13):

**Výhodný kurz:**  $\mu_{\text{VýhodnýKurz}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{pre } x \in < 0; 21,59 > \\ -1,0417x + 23,49 & \text{pre } 21,59 < x < 22,55 \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$   
( 4.11 )

**Stredný kurz:**  $\mu_{\text{StrednýKurz}}(x) = \begin{cases} 1,0417x - 22,49 & \text{pre } 21,59 < x < 22,55 \\ 1 & \text{pre } x \in < 22,55; 23,04 > \\ -1,0204x + 24,51 & \text{pre } 23,04 < x < 24,02 \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$   
( 4.12 )

**Nevýhodný kurz:**  $\mu_{\text{NevýhodnýKurz}}(x) = \begin{cases} 1,0204x - 23,51 & \text{pre } 23,05 < x < 24,02 \\ 1 & \text{pre } x < 24,02; \infty) \\ 0 & \text{pre ostatné hodnoty} \end{cases}$   
( 4.13 )



Obrázok 4-3: Vstupné fuzzy množiny v univerzu kurzov USD/CZK

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4.1.5 Riešenie problematiky výstupov - defuzzifikácia

Výstup modelu je návrh na odporúčenie kúpy komodity zlato. Výstup je výsledok vstupov po vyhodnotení jednotlivých podmienok (viď nasledujúce kapitoly). Univerzum výstupu má 3 množiny:

- **Neinvestovať** – množina s príslušnosťami s odporúčením neinvestovať do zlata.
- **Zvážiť** – množina s príslušnosťami zvážiť si investíciu do zlata
- **Investovať** – množina s príslušnosťami s návrhom investovať do zlata

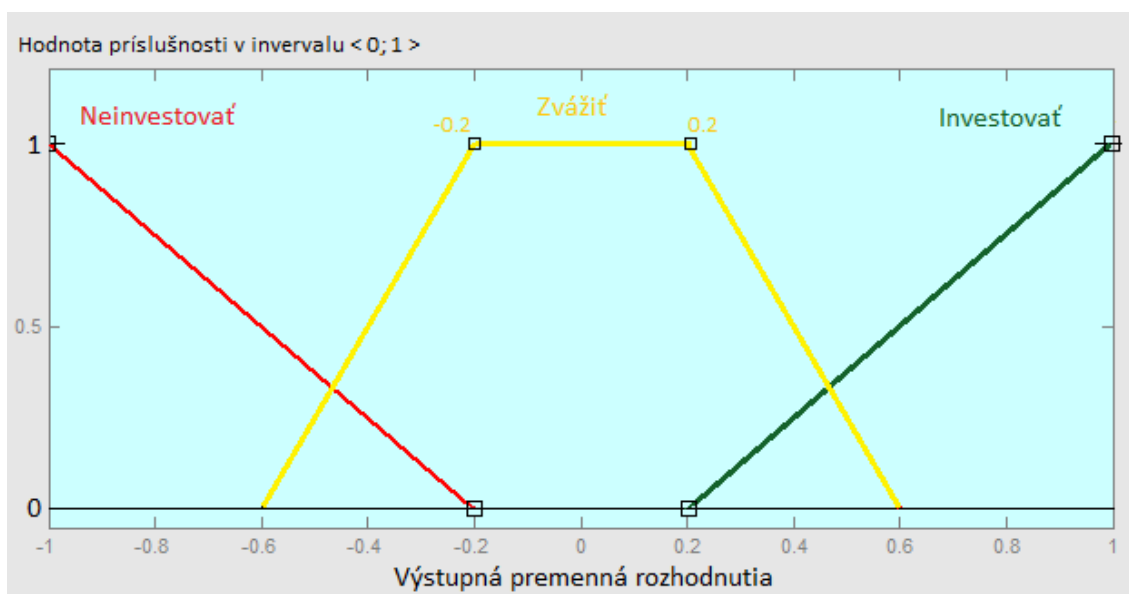
Výstup je potom defuzzifikovaný a vyjadrený percentuálne. Každá množina je vyjadrená hodnotou od 0 do 100 percent. Vzorec na vypočítanie defuzzifikácie výstupnej množiny:

$$\text{Odporúčenie investície} = \text{príslušnosť množiny Investovať} * 100 \quad [\%] \quad (4.14)$$

$$\text{Odporúčenie zváženia} = \text{príslušnosť množiny Zvážiť} * 100 \quad [\%] \quad (4.15)$$

$$\text{Odporúčenie neinvestovania} = \text{príslušnosť množiny Neinvestovať} * 100 [\%] \quad (4.16)$$

Kombinácia viac nenulových výstupných hodnôt je možné.



Obrázok 4-4: Výstupné fuzzy množiny

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4.1.6 Riešenie problematiky rozhodovacích podmienok

Pri navrhovaní vyhodnocovacích podmienok vychádzame z analýzy investovania do komodity zlato (viď kapitolu 3.3 Zlato a ostatné podkapitoly tejto kapitoly). Popisovať celý výstup by bolo opakovanie obsahu týchto kapitol, rýchly súhrn by ale mohol vyzerať takto:

- Investujte do zlata keď je znehodnotenie peňažného majetku vysoká!
- Neinvestujte do zlata keď je deflácia alebo iné investičné inštrumenty umožňujú lepšie zhodnotenie peňažného majetku počas investičného horizontu bez značného rizika!
- Investujte do zlata keď kúpna cena zlata je nízka alebo stredne nízka, pozor pravdepodobne USD apreciuje alebo už aprecioval!
- Neinvestujte do zlata keď kúpna cena zlata je vysoká alebo stredne vysoká, pozor pravdepodobne USD deprecieje alebo už deprecioval!
- Investujte do zlata keď CZK zosilnil oproti USD!
- Neinvestujte do zlata keď CZK zoslabil oproti USD!

Výsledok podmienok by mal investorovi dať najavo, či pri daných podmienkach je výhodné investovať (kúpiť) zlato alebo nie. Výsledok zváženie investície je kompromis výrokov, ktoré sa navzájom anulujú. **Podmienky** sú navrhnuté tak aby **vždy pálili** (neexistuje nekrytí stav, vždy majú príslušný výstup v intervale univerzu). Podmienok je celkom 20.

#### 4.1.7 Rozhodovacie podmienky

Jedno fuzzy pravidlo typu **ak**→**potom** (vychádzajúce z anglického výrazu **if**→**then**) vyjadruje znalosť o existencii nejakého vzťahu medzi javmi. Celá sústava takýchto pravidiel potom reprezentuje istý typ všeobecnej vedomosti. Pre charakterizáciu zložitých znalostí si nevystačíme s jedným pravidlom, z analýzy je zrejmé že pravidiel bude k dispozícii viac. Rozhodovací proces bude potom založený na množine jazykových pravidiel (podmienených výrokov):

$$R = \{R_1, \dots, R_m\} \quad (4.17)$$

Kde „ $R$ “ je množina výrokov a  $R_i$  je jazykový popis pravidla vo forme:

$$R := Ak \text{ (podmienka/} y \text{) potom (výrok)} \quad (4.18)$$

Matematické spracovanie takéhoto jazykového popisu je možné interpretovať viacerými spôsobmi. Jednotlivé možné interpretácie sú vhodné pre rôzne situácie, a preto je dôležité porozumieť skutočnej úlohe diskutovaných pravidiel a aby zvolená interpretácia pravidiel odpovedala definovaným vzťahom medzi premennými. Pretože všetky pravidlá v jazykovom popise platia súčasne, vedie jazykový popis R na globálnu fuzzy reláciu RR, ktorú sa dá vypočítať na základe všetkých fuzzy relácií v množine.

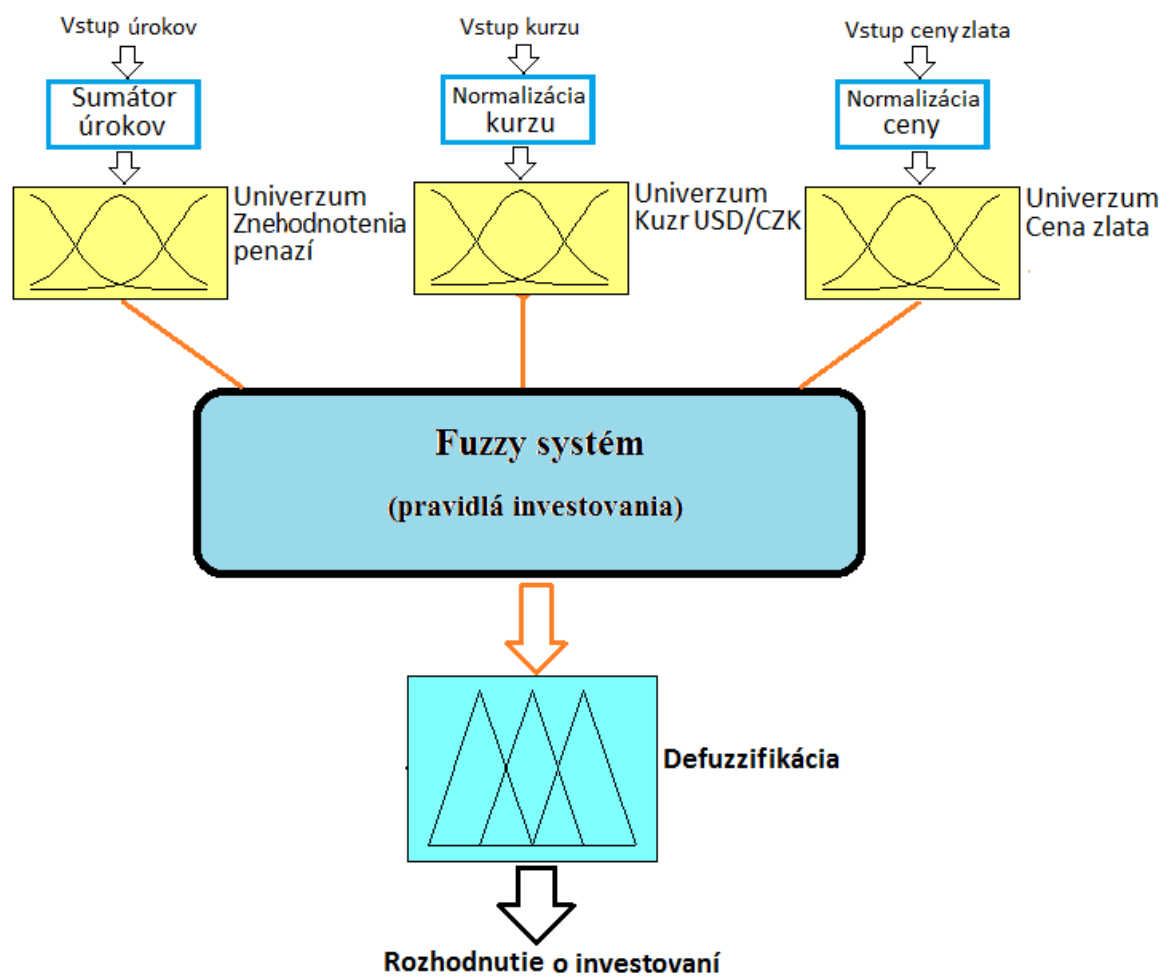
Globálna fuzzy relácia systému sa nebude vyjadrovať matematicky, lebo podľa mňa pri 20 pravidlách, 10 množín z 3 univerz by popis bol značne ťažko matematicky opísateľný. Preto sa množina výrokov fuzzy pravidiel vyjadrí typom výrazu „if→then“ (4.18). Pri viacerých podmienkach sa logika kombinuje logickým súčinom „and“ a negáciou „nie“. Jednotlivé **podmienky** sú v zozname nižšie:

1. Keď (CenaZlata je NC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je Znehodnotenie) (1)
2. Keď (ZnehodnotiePM je Zhodnotenie) potom (Rozhodnutie je neinvestovať) (1)
3. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je Stredny) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
4. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je investovať) (1)
5. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je investovať) (1)
6. Keď (CenaZlata je NC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je Stredny) potom (Rozhodnutie je investovať) (1)
7. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK nie je NevyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je Znehodnotenie) (1)
8. Keď (CenaZlata je SVC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK nie je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
9. Keď (CenaZlata je SVC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK nie je NevyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
10. Keď (CenaZlata je SVC) and (ZnehodnotiePM je VysokaInfIace) and (USD/CZK je NevyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je neinvestovať) (1)

11. Keď (CenaZlata je VC) and (ZnehodnotiePM nie je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK nie je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je neinvestovať) (1)
12. Keď (CenaZlata je VC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK nie je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
13. Keď (CenaZlata je VC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je neinvestovať) (1)
14. Keď (CenaZlata je NC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
15. Keď (CenaZlata je NC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK nie je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je investovať) (1)
16. Keď (CenaZlata je NC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
17. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je neinvestovať) (1)
18. Keď (CenaZlata je SNC) and (ZnehodnotiePM je VysokéZnehodnotenie) and (USD/CZK je NevýhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
19. Keď (CenaZlata je SVC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je VyhodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)
20. Keď (CenaZlata je VC) and (ZnehodnotiePM je Znehodnotenie) and (USD/CZK je VyhodnodnyKurz) potom (Rozhodnutie je zvážiť) (1)



#### 4.1.8 Grafické vyjadrenie modelu investovania do komodity zlato



Obrázok 4-5: Model fuzzy projektu

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4.1.9 Alternatívny zjednodušený model

Zjednodušený rozhodovací systém investície kúpy komodity zlato je riešený veľmi podobne ako pri návrhu fuzzy systému. Rozdiel je v tom, že tu sa vstupné hodnoty zadávajú do klasických množín, ktoré sa neprekrývajú, v literatúre ich nájdeme aj pod menom „ostre množiny“. Vstupná hodnota sa priradí maximálne iba jednej množine. Prechody sú doladené na okolie stredu aritmetických hodnôt prechodov daných množín popísané v kapitolách: 4.1.2, 4.1.3 a 4.1.4. Celý tento proces je zabezpečený pomocou transformačných matic (obdobné ako proces fuzzifikácie). Výstupné hodnoty transformačných matic sú potom prioritne vyhodnotené (pravidlá rozhodnutia). Celkový výstup je na konci retransformačnou maticou (obdobné ako proces defuzzifikácie) vrátený návrhom či investovať, neinvestovať alebo zvážiť nákup. Pre matice viď nasledujúcu stránku.

Model by mal fungovať veľmi podobne ako navrhnutý fuzzy model. Však kvôli menším úpravám pri hraničných hodnotách množín sa môžu vyskytnúť rozdiely. Rozdiely sú následkom zjednodušenia, to jest neúplnej aproximácie pôvodného modelu. Rozdiely by nemali spôsobovať značné chyby pri rozhodovaní.

Príklad na funkčnosť a ukážky grafov sú prílohy tohto dokumentu. Pre praktickú realizáciu zjednodušeného modelu je vypracovaný excelovský súbor. Celý funkčný excelovský súbor je priložený v chránenej podobe (chránený heslom), kvôli zabezpečeniu integrity údajov, iba vstupné hodnoty sa dajú meniť. Pre lepšie pochopenie je i znázornený príklad výpočtu prvého riadka. Medzi priloženými súbormi je aj súbor v otvorenej podobe, kde je možnosť nahliadnuť na jednotlivé vyhodnocovacie funkcie alebo zmeniť jednotlivé kritériá vyhodnotenia.

Transformačná matica a kritériá množín								
Cena zlata	od (	do >	Znehodnotenie peňaž. majetku	od (	do >	Kurz USD/CZK	od (	do >
Nízka cena	200	1223,5	Zhodnotenie	-100	0	Výhodný kurz	1	22,07
Stredne nízka cena	1223,5	1300,5	Znehodnotenie	0	2,5	Stredný kurz	22,07	23,53
Stredne vysoká cena	1300,5	1396	Stredné znehodnotenie	2,5	5,5	Nevýhodný kurz	23,53	100
Vysoká cena	1396	5000	Vysoké znehodnotenie	5,5	100			

Popis vlastností - pridelenie prioritných hodnôt					
Cena zlata	Hodnota	Znehodnotenie peňaž. majetku	Hodnota	Kurz USD/CZK	Hodnota
Nízka cena	100	Zhodnotenie	-101	Výhodný kurz	100
Stredne nízka cena	65	Znehodnotenie	0	Stredný kurz	50
Stredne vysoká cena	45	Stredné znehodnotenie	50	Nevýhodný kurz	6
Vysoká cena	0	Vysoké znehodnotenie	100		

Retransformačná matica		
Rozhodnutie	Body od	do
kúpiť	200	300
zvážiť nákup	101	200
nekúpiť	0	101

Tabuľka 4.2: Transformačná a retransformačná matica zjendošuseného modelu

Zdroj: vlastné spracovanie

## 4.2 Zhodnotenie modelu investovania do zlata

Keď investor hodlá kupovať zlato v nasledujúcej dobe model by mu mal radiť či sú dané okolností vhodné na kúpu zlata. Model vychádza zo všeobecného vývoja trendu investovania do zlata a z analýzy hodnôt z minulých rokov. Mal by slúžiť ako referencia výhodnosti pre aktuálnu kúpu zlata a pre kúpu v nasledujúcich mesiacoch. Hodnoty modelu optimalizované na prvý pól roku 2015. Model sa dá využiť aj na vyhodnotenie predikovaných hodnôt. Hodnoty môžu byť aktualizované pomocou uvedených vzorcov, a tak množiny modelu doladiť na aktuálne hodnoty.

Na funkčnosť modelu a algoritmu sú potrebné hodnoty pri kúpe zlata: cena kupovaného zlata, očakávané znehodnotenie peňažného majetku a kurz USD/CZK. Pre normalizáciu hodnôt je priložený aj excelovský súbor pre možný prepočet vstupov. Algoritmus podľa stanovených podmienok rozhodne či dané okolnosti investovania do zlata sú **INVESTOVAŤ**, **ZVÁŽIŤ INVESTÍCIU** alebo **NEISVESTOVAŤ**. Podmienky sú navrhnuté tak, aby vždy pálili a vrátili hodnotu (neexistuje nekrytý stav, vždy majú príslušný výstup v intervale univerzu). Výstup je vyjadrený aj percentuálne. Navrhnuté modely by mali byť nezávislé na použitej softwarovej platforme.

Na demonštráciu algoritmu je navrhnutý funkční MATLAB-ovský skript a fuzzy model. Algoritmus skriptu začína kontrolou originality modelu, potom pokračuje volaním fuzzy systému a nasleduje získanie vstupných hodnôt zo vstupu. Ako výstup skriptu je vyhodnotenie vstupných hodnôt do výstupných premenných, ktoré sa vypíšu do príkazového okna Matlab-u. Výstup je odporúčenie či za dané okolnosti investovať do zlata alebo nie. Skript je doplnený komentármi na ľahšie pochopenie. MATLAB-ovský skript a ukážka funkčnosti sa nachádza v prílohe. Aby sa algoritmus dal pohodlne používať, bolo vytvorené aj grafické používateľské rozhranie (GUI). V excelovskom súbore okrem výpočtu normalizácií vstupov sa nachádza aj vypracovanie zjednodušeného modelu investovania.

K tejto časti sú pripojené súbory ako praktická realizácia vyhodnotenia danej problematiky:

- Matlabovské súbory skriptov (\*.m) a GUI skript (\*.fig)
- Uzavreté matlabovské súbory skriptov (\*.p)
- Model Matlabovského fuzzy systému (\*.fis)
- Modifikovateľný a čiastočne uzavretý MS Excel zošit

Matlabom spustiteľný súbor „*GOLD\_Fuzzy\_skript.m*“ (optimalizovaný na MATLAB2013b). Súbor volá ďalšie 2 súbory „*GOLD\_Fuzzy\_model.fis*“ a „*HashFcmt.m*“. „*GOLD\_Fuzzy\_model.fis*“ je matlabom kompatibilný fuzzy model systému. „*HashFcmt.m*“ je volaná hašovacia funkcia, pre kontrolu originality daného fuzzy modelu pod menom „*GOLD\_Fuzzy\_model.fis*“. Ako výstup tejto funkcie je vyhodnotená kontrola, ktorá sa ako prvá vypíše na konzolu, či je fuzzy model originál alebo nie. Hašovacia funkcia už vie výstup hašu daného fuzzy modelu a porovnáva ju hašom modelu. Porovnanie hašu modelu sa však môže nastaviť pre kontrolu hašu zo súboru „*HashSent.hash*“. V ďalšom kroku si algoritmus vypýta od používateľa vstupné údaje a vyhodnotí ich. Pre spríjemnenie používania používateľom je celý algoritmus zhrnutý aj v grafickom používateľskom rozhraní v súbore „*GOLD\_GUI.m*“ a príslušná figúra k tomu „*GOLD\_GUI.fig*“. Výstrižky z počítačovej obrazovky pri funkčnosti sú priložené v prílohách tejto práce.

Všetky Matlabovské skripty sú priložené v prílohe dokumentu a nachádzajú sa v priloženom priečinku, kde je možnosť ich tiež spustiť. Súbory s koncovkou „\*.p“ sú voľne šíriteľné a zabezpečené iba na spustenie, nedajú sa ďalej modifikovať.

Čiastočne uzavretý MS Excel zošit pod názvom „*GOLD-Fuzzy-FP*“ bol vypracovaný v programovom balíčku „Microsoft Office 2013“. Je chránený proti prepísaniu a vyhodnocovacie funkcie sú tiež skryté. Súbor je voľne šíriteľný. Povoľené je iba písanie do buniek pre vstupy vyhodnotenia. Pre vykonanie vyhodnotenia je podmienka pridelenie „ID“ čísla.

Pre zrušenie ochrany je súbor chránený heslom: „hortai“. MS Excel zošit v nechránenej podobe sa nachádza v priloženom priečinku pod menom „*GOLD-Fuzzy-FP*“, kde je ho možno spustiť v nechránenej podobe.

#### 4.2.1 Testovanie vypracovaného modelu

Navrhnutý model funguje podľa očakávania. Model bol testovaný a simulovaný programom MATLAB2013b. Zjednodušený model je v súbore MS Excel. Príklady funkčností sú priložené ako obrázky v prílohe tohto dokumentu.

Pre vypracovaný model v Matlab a zjednodušeného modelu b MS Excel je porovnaných 5 ukážkových príkladov. Nasledujúce tabuľky ukazujú, že dané prípady jednotlivé algoritmy vyhodnocujú tým istým výsledkom:

Matlab				
Cena zlata	Znehod. p.m.	Kurz USD/CZK	ID	Rozhodnutie
1260,00	5,81	22,40	1	INVESTOVAT = 100%
1189,00	8,61	21,16	2	INVESTOVAT = 100%
1314,99	3,61	20,95	3	INVESTOVAT = 22% a ZVAZENIE = 63%
1599,12	4,49	21.1	4	ZVAZENIE INVESTOVANIA = 66,3%
1818,00	0,06	20,69	5	ZVAZENIE INVESTOVANIA = 55,7% NEINVESTOVANIE = 44.3%
1218,00	-4,38	25,54	4	NEINVESTOVANIE = 100%

Tabuľka 4.3: Vstupy a výstupy modelu z MATLAB-u

Zdroj: vlastné spracovanie.

MS EXCEL				
Cena zlata [USD/oz.]	Znehod. p.m. [%]	Kurz USD/CZK	ID	Rozhodnutie
1260,00	5,81	22,40	1	kúpiť
1189,00	8,61	21,16	2	kúpiť
1314,99	3,61	20,95	3	zvážiť nákup
1599,12	4,49	21.1	4	zvážiť nákup
1818,00	0,06	20,69	5	nekúpiť
1218,00	-4,38	25,54	6	nekúpiť

Tabuľka 4.4: Vstupy a výstupy z zjednodušeného modelu MS Excel

Zdroj: vlastné spracovanie

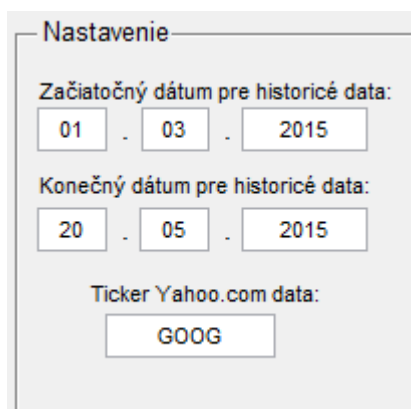
### 4.3 Predikcia vývoja trendu akcií

Použitá je technická analýza, a to metóda využitia umelých neurónových sietí pre predikciu akciového kurzu. Dôvody jej voľby je podrobne popísaná v teoretickej časti a v časti analýza tejto práce. Model principiálne vychádza z analýzy časových rad akcií kurzov a mala by preukázať že história má opakujúcu sa tendenciu, a tak sa pokúša predpovedať ďalší vývoj týchto kurzov. Jednak analyzuje historický vývoj akcií, zvlášť dôležité sú najmä minulé pohyby kurzov a objemy obchodov, následne z týchto faktov čerpá táto analýza za účelom na predpoveď budúceho vývoja kurzov akcií, ktoré investorovi poskytnú odpoveď na otázku, kedy je najvhodnejšie vstupovať do pozície nákupu alebo predaja.

Prvý krok je voľba zdroja vstupných údajov. Relevantné informácie sú dostupné z publikovaných tržných údajov. Daná problematika potrebuje dynamické znázornenie údajov a potrebuje aj prístup používateľa. Tak od samého začiatku bol vývoj vyhotovený v grafickom používateľskom rozhraní. Vytvorená aplikácia reaguje na interakcie užívateľa inteligentne. Umožňuje mnoho nastavení. Keby používateľ sa pokúšal o nejaký nechcený krok, aplikácia ho varuje a sama upraví vzniknutú chybu. Aplikácia je vyhotovená na univerzálne používanie. Historické hodnoty sú nastaviteľne stiahnuteľné cez online zdroj Yahoo Finance. Na predikciu je použitá umelá neurónová sieť, ktorá si tieto hodnoty zdrojových údajov natrénuje a potom podľa nastavenia predikuje dané hodnoty zvolených akcií. Vývoj tejto aplikácie je podrobne popísaný v nasledujúc podkapitolách.

#### 4.3.1 Riešenie problematiky zdrojových údajov a vstupných nastavení

Prvý krok je čerpanie údajov na vyhodnotenie. Pre načítanie údajov používateľ musí nastaviť vstupné údaje a to: dátum od kedy chce čerpať údaje a dátum do kedy chce čerpať údaje. Tieto údaje sa nastavujú v aplikácii vľavo hore v panele „Nastavenie“ (Obrázok 4-6). Panel je vytvorený inteligentne, rešpektuje maximum dní v mesiaci aj dňami priestupných rokov. Používateľ nevie nastaviť dátum ktorý ešte nebol, maximálna hodnota je aktuálny deň. Pri štarte ako konečný dátum sa nastaví aktuálny deň. Nastavenie sleduje aby dátum začiatku nebol neskorší ako dátum konca. Aplikácia inteligentne reaguje na akcie užívateľa, v prípade nezhody ho varuje výstražným oknom a opraví vstupné dátumové údaje. Dôležitosť tohto nastavenia je kvôli eliminácii vstupných chýb a pre následný plynulý chod vyhodnocovacieho algoritmu.



Obrázok 4-6: Panel pre nastavenie vstupných dátumových údajov

Zdroj: vlastné spracovanie

Zdrojové údaje akcií sa odkazujú na server Yahoo.com. Správnym nastavením nasledujúcej URL adresy sa dajú stiahnuť potrebné zdrojové údaje, ktoré potom slúžia k učeniu umelej neurónovej siete (šikmým písmom sú znázornené premenné):

[http://ichart.finance.yahoo.com/table.csv?s=\(názov\\_tickeru\)&a=\(mesiac\\_zaciatku\\_minus\\_jedna\)&b=\(deň\\_zacitku\)&c=\(rok\\_zacitku\)&d=\(mesiac\\_zaciatku\\_minus\\_jedna\)&e=\(deň\\_konca\)&f=\(rok\\_konca\)&g=d&ignore=.csv](http://ichart.finance.yahoo.com/table.csv?s=(názov_tickeru)&a=(mesiac_zaciatku_minus_jedna)&b=(deň_zacitku)&c=(rok_zacitku)&d=(mesiac_zaciatku_minus_jedna)&e=(deň_konca)&f=(rok_konca)&g=d&ignore=.csv)

Ak je hodnota dňa či mesiaca menšia ako desať, je nutné zadať pred číslo nulu. Proces sa spustí stlačením tlačidla „Stiahni Dáta“. Aplikácia nastaví správnu URL adresu podľa vstupných hodnôt a pokúsi sa nadviazať kontakt so serverom. Pri neexistujúcom názve akcie (ticker) alebo pri nedostupnosti údajov (napr.: nie je prístup na internet, dni bez údajov (neobchodné dni), apod.) aplikácia informuje používateľa. V prípade úspešného stiahnutia údajov zo serveru aplikácia informuje používateľa. Po dostupnosti



údajov si používateľ môže znázorniť na príslušnom grafe (horný graf v aplikácii) stiahnuté údaje zo serveru, ktoré sú teraz dostupné aj na počítači používateľa. To, že ktoré údaje chce znázorniť si vie nastaviť v panele „Panel Spustenia Údajov“ (Obrázok 4-7). Zvoliť si môže z hodnôt, ktoré potrebuje pri jeho práci charakterizovať vo vývoji týchto kurzov, ako sú napríklad: minimálny kurz (*Low*), maximálny kurz (*High*), otvárací kurz (*Open*), zatvárací kurz (*Close*) prípadne upravený zatvárací kurz (*AdjClose*), ktorý zohľadňuje dividendy, štiepenie akcií, podiely pri zmene základného imania a podobne. Zvoliť si môže aj pre znázornenie objemu obchodu pre daný obchodný deň (*Volume*). Znázornenie na grafe si môže používateľ rôzne kombinovať. Graf je okótovaný a znázorní aj použité nastavenie. Pre ukážky použitia viď prílohy.

Obrázok 4-7: Panel pre nastavenie znázornenia zdrojových dát

*Zdroj: vlastné spracovanie*

Proces načítania údajov možno zmeniť v aplikácii. Pri načítaní údajov z iného servera, je nutné používať označenie inštrumentov podľa daného servera. Niektoré akcie sú obchodované na viacerých burzách, preto k danému inštrumentu existuje viac označení (ticker). Kvôli prepojeniu búrz však nedochádza k veľkým rozdielom v rámci kurzov akcií, veľký rozdiel býva skôr v objemoch obchodov. Ak budú údaje načítané do systému ručne (off-line mód) označenie je nepodstatné a slúži len pre orientáciu používateľa.

Panel vpravo hore názvom „ANN Vstupy“ slúži pre nastavenie umelej neurónovej siete pred trénovaním. Tento panel je znázornený na obrázku nižšie (Obrázok 4-8). Hodnota {A} slúži na **nastavenie požadovaných dní predpovede**. Táto hodnota je nastaviteľná na minimálne 1 deň a maximálne 10% z rozsahu vstupných zdrojových údajov obchodných dní. Hodnota je zaokrúhlená na celé čísla.

Obrázok 4-8: Panel pre nastavenie umelej neurónovej siete

Zdroj: vlastné spracovanie

Hodnota {B} je užívateľom nastaviteľná hodnota požadovanej úspešnosti pri učení (trénovaní) umelej neurónovej siete. Hodnota {C} je užívateľom nastaviteľná diskretná hodnota maximálneho počtu neurónov v sieti. Tlačidlom „Vol'ba Hodnoty“ si používateľ môže zvoliť či chce predpovedať zatvárací kurz (Close) alebo upravený zatvárací kurz (AdjClose). Položkou „Použitý algoritmus“ si používateľ môže zvoliť vyhodnocovací algoritmus. Táto verzia aplikácie zatiaľ má iba jeden zapuzdrený algoritmus nazvaný „Narx-net“.

#### 4.3.2 Analógia funkčnosti

Po nastavení vstupných údajov a dostupných zdrojových údajov aplikácie sa môže začať vyhodnotením. Pri štarte algoritmu je skontrolovaná správnosť údajov, pri neočakávanej nezhode používateľ je informovaný s príslušným chybovým hlásením.

Nastavená **požadovaná dĺžka predpovede** je počet obchodných dní, na ktoré je predpoveď zostavená. Tento parameter vedie k rozdeleniu a posunu vstupných dát. Aplikácia si vytvorí dátovú štruktúru s používanými údajmi pričom uloží aj dáta v pôvodnej štruktúre. Tento predpoklad je vytvorený pre prípad, ak by sa analýza alebo vyhodnotenie údajov vykonávala aj v inom programe.

Párovanie vstupných a cieľových hodnôt vychádza z nasledujúcej analógie: pokiaľ dĺžka predikcie je „A“, a počet historických dát „n“, potom vstupy pre učenie sú skrátené o posledných „A“ dní a ich počet je rovný „A- n“. Cieľové hodnoty pre učenie sú skrátené o prvých „A“ dní a ich počet je tiež „A-n“. Týmto posunom sú spárované vstupy s cieľovými hodnotami, ktoré sú posunuté o „A“ dní. Údaje, ktoré boli odobraté zo vstupu pre učenie, slúžia ako podklad pre predikciu. Podmienka dĺžky predikcie je max 10 % z rozsahu historických zdrojových údajov obchodných dní. Táto podmienka je hneď skontrolovaná a navigovaná inteligentne s aplikáciou.

**Požadovaná úspešnosť učenia**, je hodnota, ktorá sa má docieľiť počtom percent správne odhadnutých tendencií trendov kurzov. Je to správny odhad či trend má rast, pokles alebo žiadnu zmenu. Aplikáciou je automaticky stanovená na minimálnu hodnotu, a to na 50%. Je to kvôli tomu, aby sa eliminovali siete, ktoré dávajú horší výsledok, než alternatíva hod mincou (odhad 50% na 50%). Maximálna zadaná hodnota odhadu by mohla byť 100%. To by znamenalo, že pri učení musí sieť docieľiť správny odhad všetkých zmien trendu. Takáto vysoká hodnota pri použití u akcií vedie k pretrénovaniu a na preučenie siete. Výsledkom potom by bola sieť, ktorá bude očakávať rovnaký priebeh ako v minulosti. V prípade ak by vstupné údaje boli iné, ako údaje ktoré sa použili počas učenia, sieť bude produkovať opakovane tie isté výsledky na ktorých sa sieť učila a predpovedať trendy, ktoré nezodpovedajú súčasným trendom. Preto pri nastavení vyššej požadovanej úspešnosti hodnoty sa táto hodnota zredukuje na maximálne 99%.

Aplikácia vykonáva tvorbu a učenie siete dovtedy, kým sa nesplnia požadované kritériá. Ak bola požadovaná úspešnosť predpovede trendu dosiahnutá, aplikácia zastaví algoritmus a znázorní daný výsledok. Pri nespĺnení požadovaného kritéria dôjde k zmene parametrov a proces učenia a tvorby siete sa opakuje. Na túto časť nadväzuje ďalšie kritérium a to maximálny počet použitých neurónov.

**Maximálny počet neurónov** je hodnota maximálneho možného počtu neurónov v neurónovej sieti. Tento parameter slúži ako limitná hodnota pri procese učenia. Pri jej prekročení aplikácia proces učenia ukončí a vráti výsledok s nedosiahnutím požadovaného kritéria úspešnosti. Algoritmus začne neurónovú sieť na najnižšom počte neurónov. Algoritmus potom upravuje parametre siete tak, aby sa docielila požadovaná úspešnosť. Pokiaľ sa pri žiadnej zo zmien nepodarí dosiahnuť požadovanú úspešnosť,

algoritmus zvýši počet neurónov v sieti. Tento proces sa opakuje, až kým sa nedosiahne požadovaná úspešnosť, alebo hodnota maximálneho počtu neurónov, ktorý užívateľ zadal. Minimálna hodnota je nastavená na desať neurónov. Maximálna hodnota nastaviteľná používateľom je 100 neurónov. Siete tejto veľkosti majú tendenciu na pretrénovanie/ preučenie. Veľký počet neurónov v sieti zvyšuje aj výpočtovú náročnosť, používanie operačnej pamäti a predovšetkým zvyšuje čas trvania celkového výpočtu. Potrebný čas na výpočet je závislý na výkone použitého počítača, môžu to byť minúty, hodiny, dokonca aj dni.

#### 4.3.3 Tvorba neurónovej siete Narx a dátovej štruktúry

Algoritmus tvorby neurónovej siete začne po stlačení tlačidla „*Predikuj s ANN*“ (skratka pre *artificial neural network*). Hneď prvý krok je kontrola vstupných údajov, či vôbec burzové dáta existujú v pracovnom priečinku (po procese vložení / stiahnutí z internetu). Po úspešnom nájdení údajov aplikácia načítá ostatné vstupné údaje zadané používateľom. Ak boli všetky vstupy načítané, začne inicializáciu premenných a zavedie aj pomocné premenné, ktoré budú ďalej vo výpočtoch použité. Pre tvorbu neurónovej siete sú potrebné nasledujúce údaje:

- Kurzové údaje - z ktorých sa sieť učí. (Open, High, Low, Volume)
- Kurzové údaje - ktorých by mala sieť dosiahnuť. (Close alebo AdjClose)
- Požadovaná úspešnosť - pri dosiahnutí bude ďalšia tvorba sietí ukončená [%].
- Maximálny počet neurónov – pri jej dosiahnutí bude ďalšia tvorba sietí ukončená.

Ako prvý krok sa upraví tieto údaje do jednej dátovej štruktúry, ktorá sumarizuje všetky vstupné údaje, nastavenia siete a neskôr aj výstupné údaje. Pôvodné údaje stiahnuté zo serveru sú radené po riadkoch (vertikálne) a neurónové siete vyžadujú radenia po stĺpcoch (horizontálne) takže zdrojové kurzové údaje je nutné transponovať. Údaje neboli transponované hneď pri načítaní, lebo sa predpokladalo využitie možnosti ďalšieho použitia mimo neurónovej siete. Tieto rozsiahle údaje sú lepšie znázorniteľné v tabuľkách a tak sú ponechané vo vertikálnej podobe. Pred samotnou tvorbou sietí sú zo vstupných a cieľových hodnôt vypočítané požadované trendy (rast, pokles, bez zmeny).

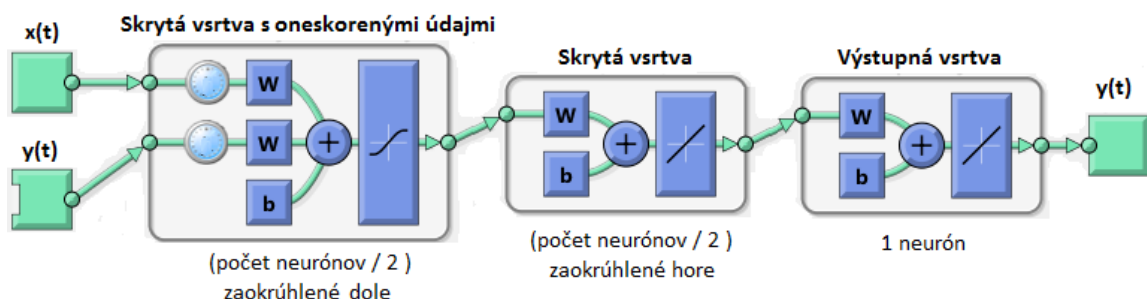
Siete sú tvorené v Matlabe s funkciou „*newnarx*“. Skratka **NARX** reprezentuje model, ktorý je nelineárny (N), auto-regresný (AR) a s exogénnym prvkom (X). Keď je niečo exogénne, tak to znamená, že vzniká z vonkajších príčin, vonkajšieho pôvodu.

Exogénnym prvkom tak môžu byť ľubovoľné prvky, ktoré mali vplyv či vzťah k tvoreniu výstupu. V tomto prípade je možno použiť indikátory technickej analýzy, vývoj substitučných či komplement inštrumentov kapitálového trhu či celých indexov.

V použitej Narx sieti bol použitý rekurzívny prístup, kedy exogénne prvky sú výstupy oneskorené o jedno až tri obdobia. Hodnota oneskorenia sa mení pri optimalizácii parametrov siete spolu s prechodovými funkciami. Sieť je tvorená z dvoch vrstiev, medzi ktorými sa neuróny delia rovnomerne. Ak delenie počtu neurónov je neceločíselné, tak počet neurónov prvej vrstvy sa zaokrúhli smerom nadol a počet neurónov druhej vrstvy sa zaokrúhli smerom nahor.

Tento typ neurónovej siete dobre generalizuje zákonitosti či vzory, ktoré sa objavujú v pohybe kurzov a môže byť použitá na riešenie úlohy predikčného systému. Ďalší rozvoj siete by mohol mohlo byť pridávanie ďalších vrstiev. Treba vziať do úvahy to, že „veľké“ siete pri použití dlhších časových radov zvyšujú výpočtovú náročnosť a tak celkovú dobu výpočtu.

Celý proces učenia sa spustí stlačením tlačidla „*Trénuj s ANN*“ vpravo dole.

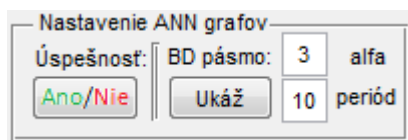


Obrázok 4-9: Grafický model Narx neurónovej siete

Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4.3.4 Riešenie problematiky znázornenia výstupných údajov

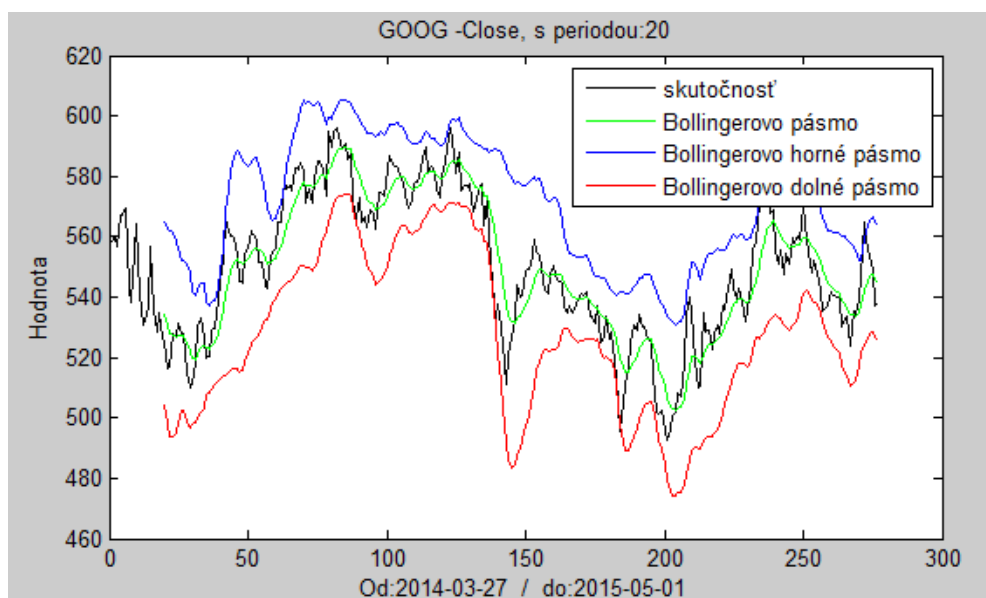
Panel vpravo v strede s názvom „Nastavenie ANN grafov“ slúži pre nastavenie ukázkových grafov. Tento panel je znázornený na obrázku nižšie (Obrázok 4-10). Umožňuje užívateľovi znázorniť dva možné nové grafy a to s názvom „Bollingerova pásma klzavého priemeru údajov“ a „NARX učenie“.



Obrázok 4-10: Panel pre nastavenie ukázkových grafov

Zdroj: vlastné spracovanie

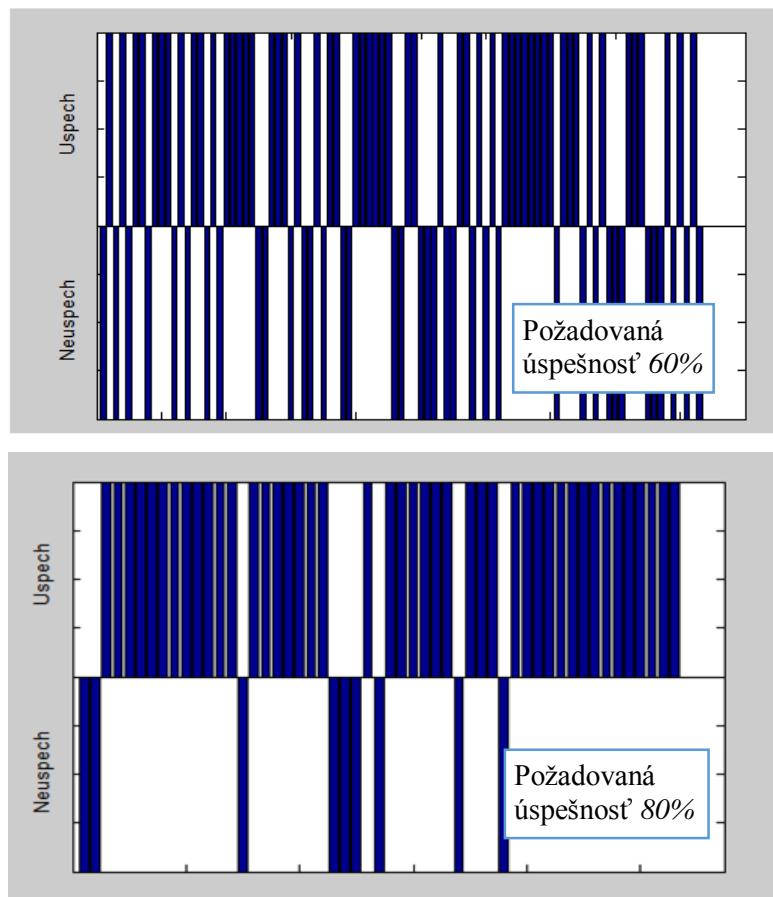
Pravá časť umožňuje nastavovať hodnoty výpočtu pre Bollingerove pásma. Jedná sa o znázornenie zvolených zdrojových údajov (Close alebo AdjClose) v novom grafe spoločne s vypočítanými údajmi Bollingerových pásiem. Tento technický indikátor umožňuje vizualizovať volatilitu a relatívnu cenovú úroveň v určitom období. Čím vyššia je volatilita, tým širšie sú Bollingerove pásma. Ceny finančného instrumentu sa zvyčajne pohybujú v rámci Bollingerových pásiem a odrážajú sa z jednej strany na druhú. Nastaviteľné údaje pre výpočet sú „*alfa*“ a „*periód*“. Periódy určujú počet vzoriek, ktoré sa používajú pri výpočte klzavého priemeru. Alfa je voliteľný vstup, ktorý určuje exponent používaný na určovanie prvku váhy pre klzavý priemer. Alfa je 0 je jednoduchý klzavý priemer. Proces výpočtu a pre znázornenie sa spustí stlačením tlačidla „*Ukáž*“.



Obrázok 4-11: Ukážkový graf Bollingerových pásiem klzavého priemeru údajov

Zdroj: vlastné spracovanie

Vpravo je možnosť nastavenia voľby ukázkového okna, ktoré sa môže objaviť po učení neurónovej siete v závislosti na nastavení hodnotou „Ano“ alebo „Nie“. Grafy znázorňujú priebeh toho, ako sa vyvíjala úspešnosť odhadu trendu pri učení.



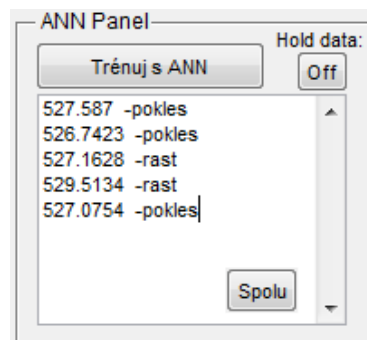
Obrázok 4-12: Ukážkové grafy procesu učenie neurónovej siete

Zdroj: vlastné spracovanie

Aplikácia po vykonaní procesu tréningu hneď simuluje aj predikciu. Predpoveď kurzov vráti spoločne s použitými údajmi aj natrénovanou neurónovú sieťou v jednej dátovej štruktúre na pracovnú plochu Matlabu pre možnosť ďalšieho použitia. Predikované údaje znázorní panel „ANN Panel“ a tiež vypíše na hlavnú konzolu Matlabu. Používateľ si ďalej môže rozhodnúť, ktoré informácie ho zaujímajú, hodnoty, trend alebo spolu tieto údaje (voľbu môže opakovať). Z textového bloku ich ľahko môže skopírovať použiť aj inde (napríklad v tabuľkovom kalkulátore).

Obrázok 4-13: ANN Panel

Zdroj: vlastné spracovanie

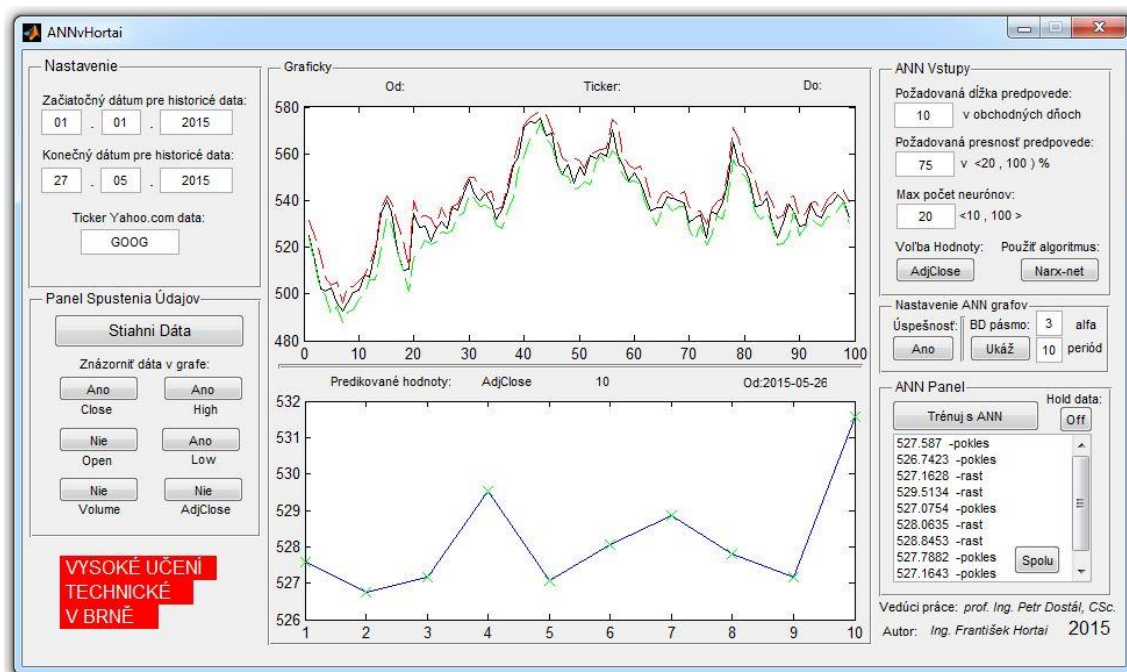


## 4.4 Záver predikcie vývoja trendu akcií

Táto verzia aplikácie umožňuje sťahovať online údaje zo serveru z Yahoo.com finance. Stiahnuté online údaje alebo vložené údaje umožňuje znázorniť pomocou čiarových líniových grafov. Vývoj kurzov počas obchodného dňa, či dlhšieho časového intervalu sa potom charakterizuje na zvislej osi ako hodnotu indexu a na vodorovnej osi čas jeho vzniku.

Používateľ si môže sám zvoliť ktoré údaje chce pri práci charakterizovať alebo analyzovať, konkrétne vývoj kurzov alebo objemu obchodov. Pre analýzu tiež umožňuje možnosť použiť Bollingerove pásma klzavého priemeru údajov. Zo zvolených údajov aplikácia umožňuje využiť algoritmus na tréning umelej neurónovej siete typu NARX a potom predpovedať nasledujúci vývoj trendu zvoleného kurzu. Aplikácia vráti údaje v dátovej štruktúre aj natrénovanú neurónovú sieť pre možnosť ďalšieho použitia údajov alebo ďalšej analýzy.

Aplikácia je navrhnutá na univerzálne použitie. Inteligentné nastavenie napomáha používateľovi pre správne používanie aplikácie. Aplikácia je navrhnutá na elimináciu možných chybových stavov. Aplikáciu je možné graficky znázorniť nasledujúcim spôsobom:



Obrázok 4-14: Ukážka aplikácie pri použití

Zdroj: vlastné spracovanie



#### 4.4.1 Použitie navrhnutej aplikácie pri obchodovaní s akciami GOOG

Kapitola popisuje merania a testovanie navrhnutej aplikácie. Kapitola sa delí na dva bloky:

- Ukážkový príklad obchodovania s použitím návrhu predikovaných trendov
- Všeobecné zhodnotenie úspešnosti navrhnutého modelu

##### Ukážkový príklad obchodovania s použitím návrhu predikovaných trendov

Táto časť simuluje príklad kúpy a predaja jednej akcie GOOG na burze NASDAQ. Slúži ako ukážkový príklad funkčnosti navrhnutej aplikácie a použitia modelu predikcie. Použitá je sieť, ktorá bola trénovaná burzovými údajmi od 01.01.2015 do 01.05.2015. Sieť mala nastavenú požadovanú úspešnosť učenia 90 percent. Táto sieť potom simulovala predikciu upraveného zatváracieho kurzu nasledujúceho obchodného dňa zo vstupných údajov aktuálneho obchodného dňa. Tabuľka nižšie sumarizuje údaje skutočné a predpovedané. Zo 16 trendov 11 bolo uhádnutých správne (69%) a 5 nesprávne (31%).

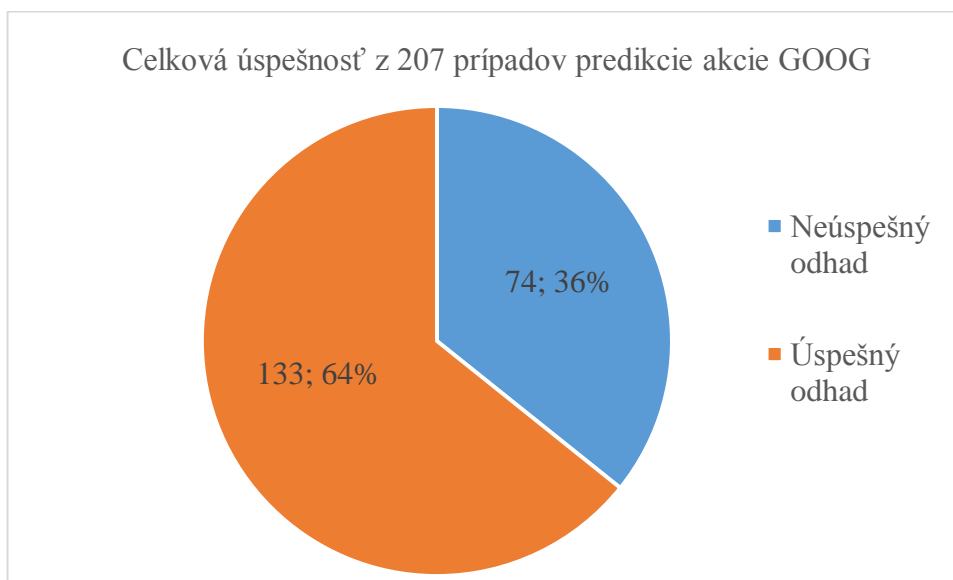
ID	Dátum	Skutočný: Kurz	Trend	Predpoveď : Kurz	Trend	Zhoda	Nákup za [\$]	Predaj za [\$]
1	1.5.2015	537,90	↓	-	↓	-	-	-
2	4.5.2015	540,78	rast	543,41	rast	Áno	-	540,78
3	5.5.2015	530,80	pokles	542,97	pokles	Áno	-	-
4	6.5.2015	524,22	pokles	540,65	pokles	Áno	-	-
5	7.5.2015	530,70	rast	517,91	pokles	Nie	530,7	-
6	8.5.2015	538,22	rast	578,11	rast	Áno	-	538,22
7	11.5.2015	535,70	pokles	544,10	pokles	Áno	-	-
8	12.5.2015	529,04	pokles	530,42	pokles	Áno	529,04	-
9	13.5.2015	529,62	rast	531,19	rast	Áno	-	-
10	14.5.2015	538,40	rast	533,40	rast	Áno	-	538,4
11	15.5.2015	533,85	pokles	532,33	pokles	Áno	533,85	-
12	18.5.2015	532,30	pokles	536,11	rast	Nie	-	532,3
13	19.5.2015	537,36	rast	531,65	pokles	Nie	537,36	-
14	20.5.2015	539,27	rast	544,89	rast	Áno	-	539,27
15	21.5.2015	542,51	rast	535,89	pokles	Nie	542,51	-
16	22.5.2015	540,11	pokles	541,42	rast	Nie	-	540,11
17	26.5.2015	532,32	pokles	533,02	pokles	Áno	532,32	-
<i>Tabuľka 4.5: Kalkulácia obchodovania</i> <i>Zdroj: vlastné spracovanie</i>						<b>SUMA:</b>	3205,78	3229,08
						<b>Rozdiel:</b>	<b>+23,30</b>	

Z predpovedaných vývojov trendov sa rozhodovalo o kúpe a predaji akcie. Predpokladal sa promptný nákup a predaj. Celkový obchod vychádzal z predpokladu, že investor už má jednu akciu kúpenú. Akciu predá a kúpi za tržnú hodnotu podľa predpovedi trendu čo najvýhodnejšie podľa predpovede. Celková kalkulácia za 16 obchodných dní vyšla na kladných 23,3 dolárov (investorovi zostala akcia v majetku). Transakčné náklady sa nebrali do úvahy. Tieto náklady by mali kompenzovať väčší objem počtu predaných a kúpených akcií.

### Všeobecné zhodnotenie úspešnosti navrhnutého modelu

Celkovo bolo simulovaných 207 prípadov pre akciu GOOG, z ktorých okolo dve tretiny (64%) boli indikované úspešne. Simulovanie bolo sprevádzané s dosiahnutím ziskovosti zjednodušeného obchodovania s jednou akciou. Model vystihuje zásadné kurzové zmeny a profituje na nich. Veľké chyby spôsobovali dlhodobé predikcie, keďže sa jedná o väčší počet dní tak ich váha v celkovom hodnotení kazila celkový výsledok správnej predikcie. Model natrénovanej neurónovej siete vedel „dobre“ predpovedať z krátkodobého hľadiska do niekoľkých dní od trénovaných údajov.

Pri použití aplikácie naostro je potrebné vziať do úvahy poplatky za jednotlivé obchody. Relatívna významnosť poplatkov klesá s rastúcim objemom. Pred použitím modelu je teda nutné vziať do úvahy, či budú obchodované dostatočne veľké objemy, aby bol kurzový rozdiel vyšší, než cena poplatku obchodovania.



Obrázok 4-15: Grafické vyjadrenie celkovej úspešnosti predpovedí

Zdroj: vlastné spracovanie

Inovácia v aplikácii by mohla byť ďalšia verzia, ktorá by obsahovala viac typov neurónových sietí (preto je navrhnutý aj s možnosťou rozšírenia). Siete by sa potom mohli navzájom porovnať a vybrať z nich tú najvhodnejšia pre daný inštrument. Zvolená sieť by mala byť tá, ktorá by predikovala daný inštrument najpresnejšie.

Optimalizovanie nastavenia algoritmu by mohlo byť doplnené vhodným evolučným algoritmom (použitím genetických algoritmov alebo evolučnou stratégiou). Pomocou tejto metódy by sa dal vyhodnotiť optimálne nastavený model na predikciu daného inštrumentu.

Všetky tieto zmeny by sa ale museli prerobiť vnútri v kóde aplikácie. Pre túto možnosť a náhľad do algoritmu aplikácie je priložený originálny skript pod názvom „ANNvHortai.m“. Integrita aplikácie je zabezpečená v pod-priečinku pod názvom „ANNvHortai.p“. Tento súbor je Matlabom iba spustiteľný a nedá sa ho ďalej modifikovať.

## Záver

Práca popisuje synergický efekt dvoch disciplín, a to umelú inteligenciu a finančné trhy. Hlavným cieľom práce je využitie umelej inteligencie na finančných trhoch. V teoretickej časti sú popísané východiská tejto práce.

Finančné trhy umožňujú široké spektrum investičných inštrumentov pre investorov. Za najvýznamnejšie druhy finančných investičných inštrumentov sa dajú považovať predovšetkým nástroje peňažného a kapitálového trhu, cudzie meny a drahé kovy, ale okrem nich existujú aj iné možnosti investovania. Argumentácia voľby investičných inštrumentov je vysvetlená v časti analýzy tejto práci. Zvolené investičné inštrumenty sú rôznorodé, prvá je z trhu cenných kovov a to konkrétne komodita zlato a druhý inštrument je z trhu cenných papierov a to konkrétne akcie spoločnosti Google Inc..

Na základe zvolených investičných inštrumentov sa definovala metóda analýzy a metóda použitej umelej inteligencie. Táto časť sa delí na dve konkrétne aplikácie podľa zvolených investičných inštrumentov.

Prvá časť rieši investovanie do komodity zlato. Pri tejto metóde sa vychádzalo z makroekonomických hodnôt a z historických tržných hodnôt ceny zlata. Tieto zdrojové údaje sa analyzovali a štatisticky vyhodnotili. Ďalej sa analyzoval daný trh a nálady tohto trhu. Prieskum zahŕňa ponuku, dopyt, legislatívu a možnosti kúpy tejto komodity. Na základe zhrnutej analýzy sa vytvoril model expertného systému pre investovanie a stanovili sa príslušné pravidlá investovania. Model bol vypracovaný pomocou fuzzy logiky a fuzzy systému. Samotný model neskúša predpovedať ceny zlata, skôr dáva radu či je vhodný okamih na kúpu zlata.

Druhá časť popisuje tvorbu aplikácie na návrh modelu na predikciu vývoja trendu. Táto aplikácia je použitá na tvorbu modelu umelej neurónovej siete, ktorá je natrénovaná pomocou historických kurzov a objemu obchodov na burze. Konečný model potom predpovedá vývoj zvolených kurzov. Model bol úspešne testovaný na akcii spoločnosti Google Inc. (akcia GOOG) a simulovaný na obchodovanie. Použitý model na obchodovanie má ziskový charakter.

Obe vlastné návrhy majú zvlášť vyčlenenú kapitolu na rozsiahlejšie vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov a vytvorenie záveru. Voľba vývojového prostredia pre riešenie

algoritmov a programovej časti modelu je v časti vlastných návrhov. Zahrňuje aj voľbu ďalších softvérov a doplnkov pre možné ostatné výpočty a grafy. Modely sú vypracované aj v grafickom používateľskom rozhraní vypracované v Matlab R2013a. Pre zabezpečenie integrity modelov a súborov sú priložené aj v chránenej podobe. Programový vývoj v sebe zahŕňa zhruba 2000 riadkov funkčného Matlabovského kódu a návrh dvoch figúr na grafické používateľské rozhranie.

## Zoznam použitej literatúry a zdroje dát

- [1] ALEXA, 2015. *The top 500 sites on the web*. [online]. Alexa Internet, Inc. [cit. 20.4.2015]. Dostupné z: <http://www.alexa.com/topsites>
- [2] ALTIUS, D. 2015. *MATLAB Programming Language*. [online]. Altius directory. [cit. 20.2.2015]. Dostupné z: <http://www.altiusdirectory.com/Computers/matlab-programming-language.php>.
- [3] BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. 2013. *Global Exchange turnover in April 2013*. Švajčiarsko, Basel: [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.bje.org/press/p130905.htm>
- [4] BARBALACE, Kenneth. 2015 *Periodic Table of Elements*. [online]. EnvironmentalChemjetry.com. 1995 - 2015. [ cit. 4.25.2015]. Dostupné z: <http://EnvironmentalChemjetry.com/yogi/periodic/>
- [5] BELLMAN, Richard. 1978. *An introduction to artificial intelligence: can computers think?*. San Francjeco: Boyd, x, 146 p. JEBN 08-783-5066-7.
- [6] BIOMEDRESEARCHES. 2014. *Nervous System Cells*. [online]. [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: [http://www.biomedresearches.com/root/pages/researches/epilepsy/structure\\_of\\_nervous\\_system.html](http://www.biomedresearches.com/root/pages/researches/epilepsy/structure_of_nervous_system.html)
- [7] BURÝ, A. 2007. *Teorie systémů a řízení*. [online] Ostrava. SFG, 62 str. [cit. 13.6.2014]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~bur50/TAR07.pdf>
- [8] CORNE, D. a BENTLEY, P. 2001. *Creative Evolutionary Systems*, Morgan Kaufmann,
- [9] ČERNOHORSKÝ, J., TEPLÝ, P. 2011. *Základy financí*. Praha: Grada Publjeing, JEBN 978-80-247-3669-3.
- [10] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. 2015. *Finanční trh*. Česká národní banka [online]. 2003 - 2015. Praha: Česká národní banka. [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/obecne/slovník/>
- [11] DIANATI, M. a kol. 2002. *An Introduction to Genetic Algorithms and Evolution Strategies*. [online]. Univ. Ave. West, University of Waterloo, Ontario, N2L 3G1, Canada. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z: <http://www.liacs.nl/~emmerich/dinati00ga-es.pdf>

- [12] DOSTÁL, P., RAJE, K., a SOJKA, Z.. 2005. *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 166 s. JEBN 80-247-1338-1.
- [13] DOSTÁL, Petr. 2012. *Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 713 s. JEBN 978-80-7204-798-7.
- [14] ERNEST. 2004. *Teorie systémů*. [online]. [cit. 20.3.2015]. Dostupné z: <http://labe.felk.cvut.cz/~obitko/xkui/materialy/systemy.pdf>
- [15] FABOZZI F. J., FÜSS R., KAJEER D. G. *The Handbook of Commodity Investing*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 1011 s. JEBN-13 978-0-470-11764-4.
- [16] FORBES. 2015. Nejmocnější lidé světa: Kdo má větší moc, Putin, nebo Obama?. [online]. [cit. 28.04.2015] .Dostupné z: <http://www.forbes.cz/nejmocnejsi-lide-sveta-kdo-ma-vetsi-moc-putin-nebo-obama/>
- [17] FXstreet.cz. 2015. *Co je FOREX?*. [online]. FXstreet.cz s.r.o. [cit. 20.1.2015]. Dostupné z: <http://www.fxstreet.cz/co-je-forex.html>
- [18] GOOGLE FINANCE, 2015. *Google Inc (NASDAQ:GOOG)*. [online]. Google. [cit. 26.04. 2015] Prevzaté a prerobené zo zdroju: <https://www.google.com/finance?q=goog&ei=j5GVdDhOIIFwAPUloCICg>
- [19] GOOGLE. 2004. *Google Annual Report*. [online]. Mountain View, California: Google, Inc.. p. 29. [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: [http://investor.google.com/pdf/2004\\_AnnualReport.pdf](http://investor.google.com/pdf/2004_AnnualReport.pdf)
- [20] GOOGLE. 2015. *Financial Tables* [online]. Google Investor Relations. [cit. 4.05. 2015]. Zdroj dát: <https://investor.google.com/financial/tables.html>
- [21] GOOGLE. 2015. Spoločnosť [online]. [cit. 27-04.2015]. Dostupné z: <https://www.google.sk/intl/sk/about/company/>
- [22] HAUGELAND, J. 1985. *Artificial Intelligence. The very Idea*. MIT Press.
- [23] CHARNIAK, E. and McDermott, D. 1985. *Introduction to Artificial Intelligence*. Addjeon-Wesley, 701 s. JEBN 0-201-11946-3.
- [24] INFLATIONDATA.COM. 2015. *Inflation Adjusted Annual Average Gold PRICES (1914- Current)*. [online]. Zdroj dát: InflationData.com [cit. 27-05.2015]. Dostupné z: [http://inflationdata.com/inflation/images/charts/gold/gold\\_inflation\\_chart.htm](http://inflationdata.com/inflation/images/charts/gold/gold_inflation_chart.htm)

- [25] JANÍČEK, P. 2007. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvjesností*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 682, [53] s. JEBN 978-80-7204-555-61.
- [26] JURA, Pavel. 2003. *Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování*. Vyd. 1. Brno: VUTUM, 132 s. JEBN 80-214-2261-0.
- [27] KOTEK, Z. a kol. *Kybernetika*. 1990. Praha Státní nakladatelství technické literatury, 374 s.
- [28] KOUKOLÍK, František. 2005. *Mozek a jeho duše*. 3. rozš. a přeprac. vyd. Ilustrace Vladimír, R. Praha: Galén, 258 s. Makropulos. JEBN 80-726-2314-1.
- [29] KURZY-ONLINE.SK. 2015. [online]. *Aktuálna cena zlata, zlato online* [cit. 27-04.2015]. Dostupné z: <http://www.kurzy-online.sk/komodity/zlato/>
- [30] KVASNIČKA, V., POSPÍCHAL, J., TIŇO, P. 2000. *Evolučné algoritmy*, STU Bratislava.
- [31] LUGER, George F a STUBBLEFIELD, William A. 1989. *Artificial intelligence and the design of expert systems: commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind*. 1st paperback ed. Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings Pub. Co., xxv, 660 p. JEBN 08-053-0139-9.
- [32] MACROTRENDS, 2015. [online]. *Dollar, Gold and Oil Chart - Last Ten Years*. [cit. 27-04.2015]. Dostupné z: <http://www.macrotrends.net/1335/dollar-gold-and-oil-chart-last-ten-year>
- [33] MATHWORKS, Inc. 2015. *MATLAB® Product Family. Fuzzy Logic Toolbox* [online]. [cit. 20.2.2015]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/products/>
- [34] MATHWORKS, Inc. 2015. *MATLAB® Product Family. Neural Network Toolbox*. [online]. [cit. 20.2.2015]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/products/neural-network/>
- [35] MATHWORKS. 2015. *Neural Network Toolbox - Product Documentation* [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/help/nnet/>
- [36] MCMAHON, T.. 2015. *Gold and Inflation*. [online]. Capital Professional Services, LLC. Inflationdata.com. [cit. 27-05.2015]. Dostupné z: [http://inflationdata.com/inflation/Inflation\\_Rate/Gold\\_Inflation.asp](http://inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/Gold_Inflation.asp)



- [37] MELUZÍN, T. ZINECKER, M. *IPO. Prvotní veřejná nabídka akcií jako zdroj financování rozvoje podniku*. Brno: Computer Press, 2009. JEBN 978-80-251-2320-2
- [38] MINSKY, Marvin Lee. 2006. *The emotion machine: commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind*. 1st paperback ed. London: Simon, 387 s. JEBN 07-432-7663-9.
- [39] MITCHELL, M. 1996. *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [40] NEUROPSYCHOLOGYSKETCHES.COM. 2008. *Neuron* [online]. [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://neuropsychologysketches.com/Neurons.html>
- [41] PENÍZE.CZ. 2015. *Akcie Google* [online]. vydává společnost Partners media, s.r.o. JESN 1213-2217. [cit. 06.05.2015] Dostupné z: <http://www.penize.cz/akcie-svet/24782-google>
- [42] QUANDL. 2015. *Currency Exchange Rates - USD vs CZK*. [online]. Data z databázi Wiki Exchange Rates, validácia dát z: <http://quandl.com>. [cit. 07.05.2015]. Dostupné z: <https://www.quandl.com/data/CURRFX/USDCZK>
- [43] QUANDL. 2015. *Gold Price: London Fixing*. [online]. Data z databázi London Bullion Market Association, validácia dát z: <http://www.lbma.org.uk/pricing-and-statjetics>. [cit. 07.05.2015]. Dostupné z: <https://www.quandl.com/data/LBMA/GOLD>
- [44] REJNUŠ, O. , 2013. *Cenné papíry a burzy*. 2. přepracované vyd. Brno: CERM, 406 s. JEBN 978-80-214-793-703-1.
- [45] REJNUŠ, Oldřich. 2014. *Finanční trhy*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 760 s. Partners. JEBN 978-80-247-3671-6.
- [46] RICH. E. a KNIGHT, K. 1991. *Artificial Intelligence*. 2nd Edition. New York: McGraw-Hill, 621 p. JEBN 0070522634.
- [47] ROSE, Peter S. 1994. *Peněžní a kapitálové trhy: Finanční systém ve stále globálnější ekonomice*. Praha: Victoria Publjeing, 1014 s. JEBN 80-856-0552-X.
- [48] ROTHBARD, Murray. *Peníze v rukou státu*. Praha : Liberální institut, 2001. 144 s. JEBN 80-86389-12-X.

- [49] RUSSELL, Stuart J. a NORVIG, Peter. 2010. *Artificial intelligence: a modern approach*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, xviii, 1132 s. Prentice Hall series in artificial intelligence. JEBN 978-0-13-604259-4.
- [50] ŘEPA, V. 2006. *Podnikové procesy: Procesní řízení a modelování*. Grada Publjeing, a.s., Praha. 268 s. JEBN 80-247-1281-4
- [51] SEC. 2015. *LJET OF SUBSIDIARIES OF REGJETRANT*. U.S. Securities and Exchange Commjesion. [online] Dostupné z: <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1288776/000119312507044494/dex2101.htm>
- [52] SEKERKA, Bohuslav. 1996. *Cenné papíry a kapitálový trh*. 1. vyd. Praha: Profess, 179s. JEBN 80-852-3541-2.
- [53] SELINGER, Václav. 1983. *Fyziologie člověka*. 1. vyd. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, JEBN 14-612-83.
- [54] SCHALKOFF, R.J. 1990. *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*, McGraw-Hill, JEBN 0-07-055084-0.
- [55] STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY. 2006. *Fuzzy Logic*. [online]. Stanford University, 2006-07-23. [cit 2015.01.20]. Dostupné z: <http://plato.stanford.edu/entries/logic-fuzzy/>
- [56] STATJETA. 2015. *Global smartphone sales from 2009 to 2013, by operating system (in millions)*. [Online]. [cit. 28.01.2015]. Dostupné z: <http://www.statjeta.com/statjetics/263445/global-smartphone-sales-by-operating-system-since-2009/>
- [57] STRUŽ, J., STUDÝNKA B. J. 2005. *ZLATO Příběh neobyčejného kovu*. 1. vyd. Praha: Grada Publjeing,. 344 s. JEBN 80-247-0902-3.
- [58] SYNEK, M a KJELINGEROVÁ, E. 2010. *Podniková ekonomika*. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 445 s. JEBN 978-80-7400-336-3.
- [59] ŠÍMA, J. a R. NERUDA. 1996. *Teoretické otázky neuronových sítí*. 1. vydání. Praha: Matfyzpress, 390 s. JEBN 978-80-8586-318-5.
- [60] ŠTECHA, J. a HAVLENA, V. 1993. *Teorie dynamických systémů*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 247 s. JEBN 80-010-0941-6.
- [61] VAVŘÍN, Petr. 1996. *Systémy, procesy a signály II*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 130 s. JEBN 80-214-0727-1

- [62] VOLNÁ, E. 2008. *Neuronové sítě 1* [online]. Studijní materiály pro dietanční kurz, 2. vydání. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 86 s. [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: [http://www1.osu.cz/~volna/Neuronove\\_site\\_skripta.pdf](http://www1.osu.cz/~volna/Neuronove_site_skripta.pdf)
- [63] WINSTON, P. H. 1991. *Artificial Intelligence*. Third -edition. Addison-Wesley.
- [64] WORLD GOLD COUNCIL. 2015. *Gold Demand Trends Full Year 2014* [online]. [cit. 22. 4. 2015]. Published 12th February 2015. Dostupné z: <http://www.gold.org/supply-and-demand/gold-demand-trends>
- [65] Zákon č. 256/2004 Sb., o podnikání na kapitálovém trhu.
- [66] Zákon č. 539/1992 Sb., o puncovníctví a zkoušení drahých kovů (puncovní zákon) ze dne 4. Ljetopadu 1992.
- [67] Zákon č. 591/1992 Sb., o cenných papírech §1 ze dne 20. ljetopadu 1992
- [68] Zákon č. 89/2012 Sb. Zákon občanský zákoník (úplné znění) Účinnost od 1. 1. 2014.
- [69] Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník §514 ze dne 3. února 2012
- [70] Zákon o obchodních korporacích - č. 90/2012 Sb. Ze dne 25. 1. 2012. Účinnost od 01. 01. 2014.
- [71] Zbierka zákonov č. 94/2013, zákon o puncovníctve a skúšaní drahých kovov (puncový zákon) a o zmene niektorých zákonov z 19. marca 2013.
- [72] ZELINKA, I. 2009. *Když se řekne umělá inteligence*. [online]. Trilobit: odborný vědecký časopis, roč. 2009, č. 1. [cit. 15.1.2015] Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/kdyz-se-rekne-umela-intelligence>

## Zoznam obrázkov

Obrázok 2-1: Fuzzy spracovanie.....	21
Obrázok 2-2: Proces reprodukcie.....	22
Obrázok 2-3: Biologický neurón.....	25
Obrázok 2-4: Analógia modelu neurónu .....	27
Obrázok 2-5: Aktivačné funkcie .....	29
Obrázok 2-6: Základné rozdelenie finančného trhu.....	32
Obrázok 2-7: Štruktúra trhu cenných papierov.....	36
Obrázok 2-8: Zložky časových rad .....	42
Obrázok 2-9: Príklad na OHLC graf.....	43
Obrázok 2-10: Príklad na candlestick graf pri zvýšení a znížení kurzu .....	44
Obrázok 3-1: Základné druhy investičných inštrumentov .....	45
Obrázok 3-2: Svetový dopyt po zlate v roku 2014 v tonách podľa odboru.....	51
Obrázok 3-3: Historické nominálne ceny zlata a ceny upravené vplyvom inflácie.....	56
Obrázok 3-4: Historický vývoj ceny doláru, ropy a zlata.....	58
Obrázok 3-5: Vývoj ceny komodity zlato za posledné roky v USD/oz .....	59
Obrázok 3-6: Vývoj kurzu akcií GOOG .....	67
Obrázok 3-7: Upravený vývoj kurzu akcií GOOG .....	68
Obrázok 3-8: Vývoj kurzov akcií GOOG za posledných rok.....	68
Obrázok 4-1: Vstupné fuzzy množiny v univerzu cena zlata .....	72
Obrázok 4-2: Vstupné fuzzy množiny v univerzu znehodnotia peňažného majetku.....	74
Obrázok 4-3: Vstupné fuzzy množiny v univerzu kurzov USD/CZK .....	76
Obrázok 4-4: Výstupné fuzzy množiny.....	77
Obrázok 4-5: Model fuzzy projektu .....	81
Obrázok 4-6: Panel pre nastavenie vstupných dátumových údajov.....	88
Obrázok 4-7: Panel pre nastavenie znázornenia zdrojových dát .....	89
Obrázok 4-8: Panel pre nastavenie umelej neurónovej siete .....	90
Obrázok 4-9: Grafický model Narx neurónovej siete .....	93
Obrázok 4-10: Panel pre nastavenie ukázkových grafov .....	94
Obrázok 4-11: Ukázkový graf Bollingerových pásiem kľzavého priemeru údajov.....	94
Obrázok 4-12: Ukázkové grafy procesu učenie neurónovej siete .....	95
Obrázok 4-13: ANN Panel.....	95
Obrázok 4-14: Ukážka aplikácie pri použití.....	96
Obrázok 4-15: Grafické vyjadrenie celkovej úspešnosti predpovedí.....	98

## **Zoznam tabuliek**

Tabuľka 2.1: Definícia umelej inteligencie organizovaná do kategórií .....	19
Tabuľka 3.1: Svetový dopyt po zlate v rokoch 2013 a 2014 v tonách .....	52
Tabuľka 3.2: Svetová ponuka zlata v rokoch 2012 až 2014 .....	52
Tabuľka 3.3: Zákonné rýdzosti dané zákonom .....	54
Tabuľka 3.4: Vývoj tržieb a počet akcií spoločnosti .....	66
Tabuľka 4.1: Vypočítané hodnoty výmenných kurzov USD/CZK .....	75
Tabuľka 4.2: Transformačná a retransformačná matica zjednodušeného modelu .....	83
Tabuľka 4.3: Vstupy a výstupy modelu z MATLAB-u .....	86
Tabuľka 4.4: Vstupy a výstupy z zjednodušeného modelu MS Excel .....	86
Tabuľka 4.5: Kalkulácia obchodovania .....	97

## Zoznam príloh

### Príloha I:

Obrázok ukážky vyhodnotenia návrhu investície do komodity zlato pomocou grafického používateľského rozhrania a konzolového riešenia.

### Príloha II:

Ukážky znázornenia nastavenia a príslušný ukážkový graf zdrojových údajov.

### Príloha III:

Obrázok grafického používateľského rozhrania aplikácie pri použití predikcie.

### Príloha IIII:

Elektronické údaje v prílohe na DVD. Elektronické údaje obsahujú funkčné MATLAB-ovské skripty a Excelovské zošity s nasledujúcou hierarchiou:

#### ***GOLD-Fuzzy*** (priečínok)

*GOLD\_Fuzzy\_model.fis*  
*GOLD\_Fuzzy\_skript.m*  
*GOLD\_GUI.fig*  
*GOLD\_GUI.m*  
*GOLD-Fuzzy-2015-FP.xlsx*  
*HashFcnt.m*  
*HashSent.hash*

#### ***PROTECTED*** (sub-priečínok)

*GOLD\_Fuzzy\_model.fis*  
*GOLD\_Fuzzy\_skript.p*  
*GOLD\_GUI.fig*  
*GOLD\_GUI.p*  
*GOLD-Fuzzy-2015-FP.xlsx*  
*HashFcnt.p*

#### ***ANN-Google*** (priečínok)

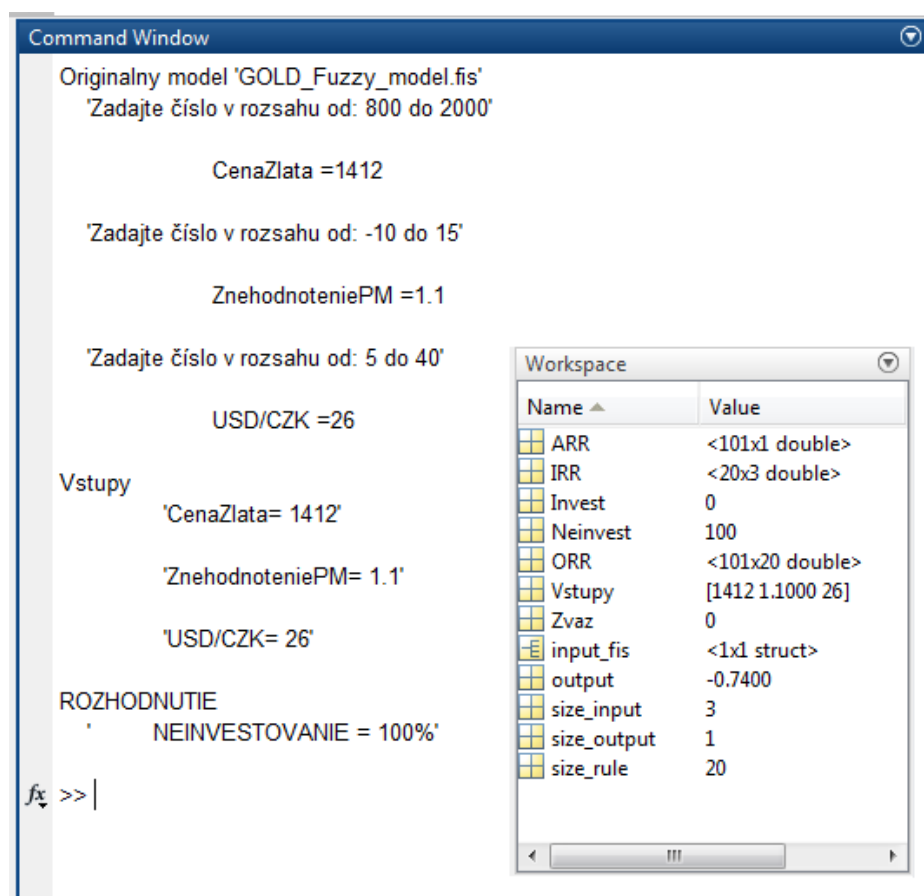
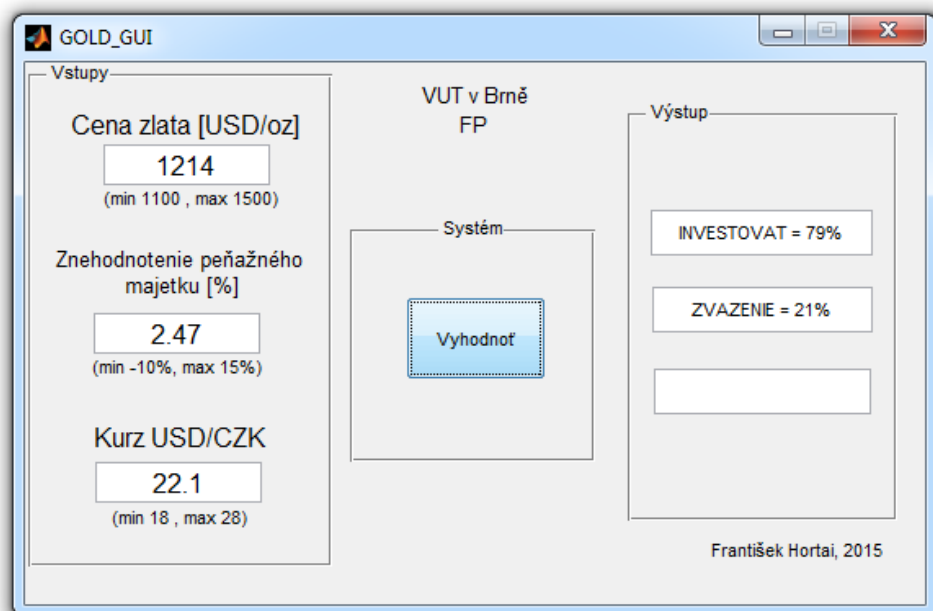
*ANNvHortai.m*  
*ANNvHortai.fig*

#### ***PROTECTED*** (sub-priečínok)

*ANNvHortai.p*  
*ANNvHortai.fig*

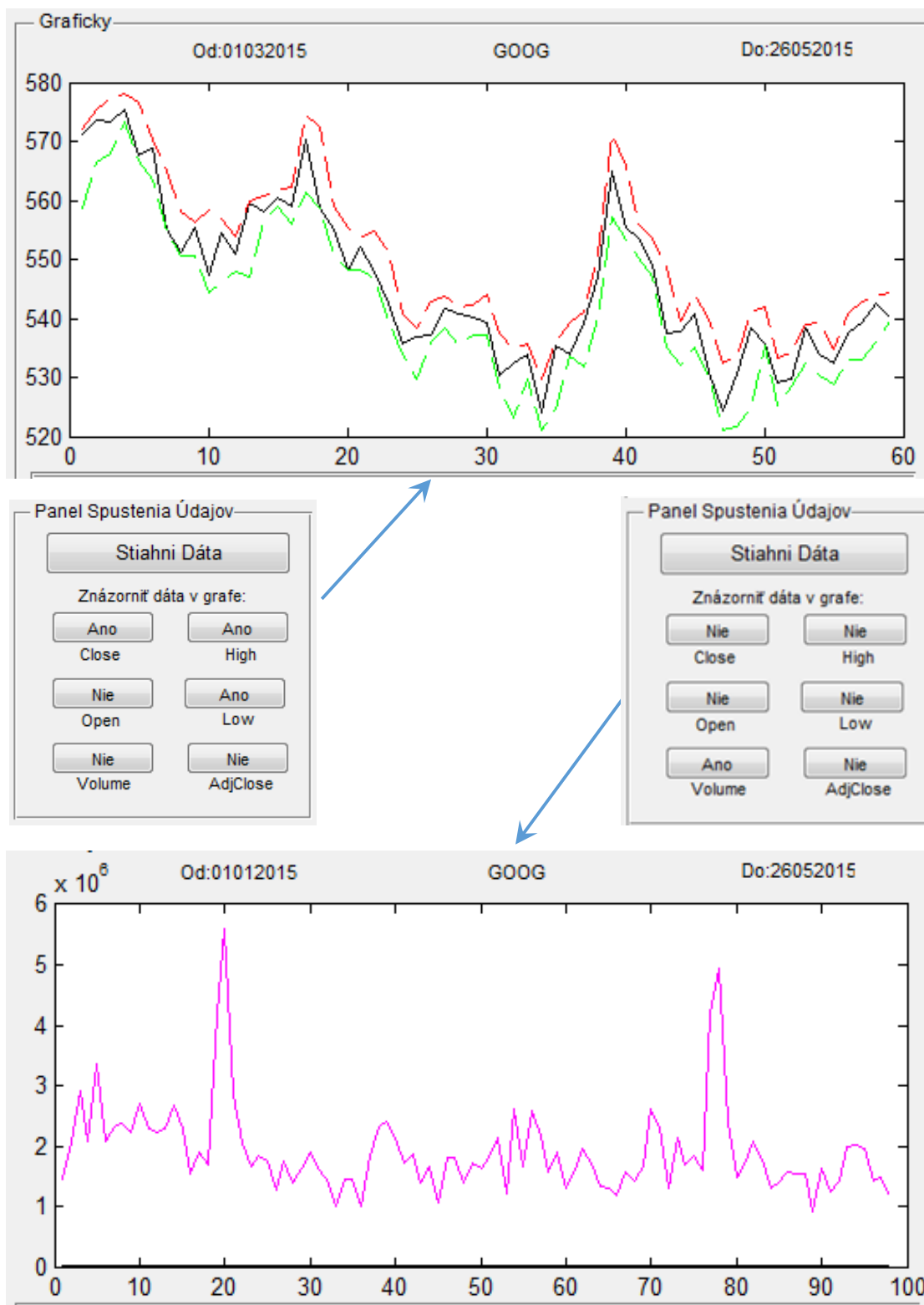
## Príloha I:

Obrázok ukážky vyhodnotenia návrhu investície do komodity zlato pomocou grafického používateľského rozhrania (hore) a konzolového riešenia (dole).



## Príloha II:

Ukážky znázornenia nastavenia a príslušný ukázkový graf zdrojových údajov.





### Príloha III:

Obrázok grafického používateľského rozhrania aplikácie pri použití predikcie.

